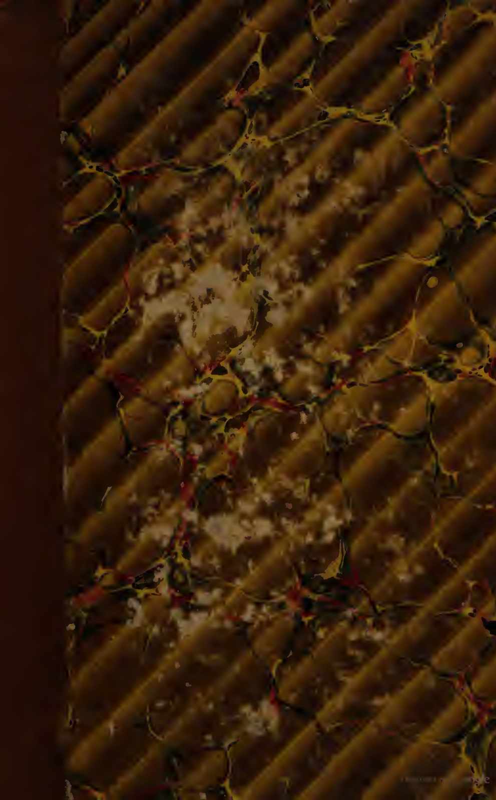


4. 5. 58.

EXPOSITION ET HISTOIRE

DES

PRINCIPALES DÉCOUVERTES

SCIENTIFIQUES MODERNES



Corbeil. — Typ. et stér. de Crété.

EXPOSITION ET HISTOIRE

DES

PRINCIPALES DÉCOUVERTES

SCIENTIFIQUES MODERNES

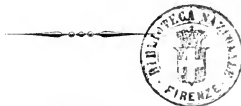
PAR

LOUIS FIGUIER

SIXIÈME ÉDITION

TOME DEUXIÈME

MACHINE ÉLECTRIQUE. — PARATONNERRE. — PILE DE VOLTA.



PARIS

GARNIER FRÈRES, RUE DES SAINTS-PÈRES, 6 | VICTOR MASSON ET FILS, PLACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

1861

EXPOSITION ET HISTOIRE

DES

PRINCIPALES DÉCOUVERTES

SCIENTIFIQUES MODERNES

LA MACHINE ÉLECTRIQUE

CHAPITRE PREMIER

L'électricité dans l'antiquité et le moyen âge. — L'électricité pendant le XVII[e] siècle. — Travaux de Gilbert et d'Otto de Guericke. — Première machine électrique, construite par Otto de Guericke. — Machine électrique de Hauksbée.

L'histoire des sciences ressemble quelquefois à celle des nations. Si les annales des peuples nous montrent quelques-unes de ces périodes brillantes dans lesquelles les événements semblent se réunir et se presser, comme pour ajouter à la gloire, à la renommée d'un empire, on trouve aussi dans les fastes des sciences quelques-unes de ces époques privilégiées où le nombre, l'importance et la grandeur des découvertes jettent le plus vif éclat sur le temps qui les vit naître. C'est une période de ce genre que parcourait la physique naissante au milieu du siècle dernier. En 1746, un physicien de la Hollande avait découvert l'appareil célèbre connu sous le

nom de *bouteille de Leyde*, et les merveilleux effets de cet instrument produisaient en Europe une impression extraordinaire. Toutes les académies, toutes les sociétés savantes, suspendirent leurs travaux habituels pour s'adonner à l'étude des phénomènes électriques, à peine connus jusque-là. Les nouvelles découvertes sur l'électricité n'avaient pas tardé à pénétrer jusqu'au vulgaire, dont elles frappaient l'imagination, et les personnes les plus étrangères aux sciences étaient aussi les plus empressées à rechercher le spectacle de ces curieux phénomènes. Des démonstrateurs ambulants allaient de ville en ville, colportant dans tous les pays l'*expérience du choc électrique*, et trouvaient leur bénéfice à cette propagande banale de la nouveauté scientifique. Les princes et les grands, si peu soucieux d'ordinaire de ce genre de faits, en avaient été les premiers témoins, car c'est dans le palais du roi de France et en présence de toute sa cour que l'on avait vu répéter, pour la première fois, l'expérience de la *chaîne électrique*.

Par quelle série de circonstances l'étude de l'électricité, languissante jusqu'à cette époque, avait-elle conduit les physiciens à la découverte qui agitait tant d'esprits? Quels travaux précurseurs l'avaient préparée ou annoncée ? Quelle devait être son influence sur les progrès généraux des sciences? C'est ce que nous allons exposer, en remontant à l'origine des premiers travaux sur l'électricité, pour suivre jusqu'à des temps voisins de notre époque la série des découvertes postérieures qui ont révélé dans le fluide électrique tant de propriétés remarquables et qui, de nos jours, sont devenues la source d'un nombre infini d'applications.

On dit, et l'on répète depuis bien longtemps, que la découverte des premiers phénomènes électriques appartient aux anciens. Cette opinion mérite d'être soumise à un examen sérieux. Ce fait, que l'ambre jaune, après avoir été

frotté, attire vivement tous les corps légers et secs, était connu dans l'antiquité. Personne n'ignore que c'est du mot grec ἤλεκτρον (ambre) que la science de l'électricité a tiré son nom. Mais toutes les connaissances des anciens sur l'électricité se sont réduites à la simple notion de ce fait. Thalès, philosophe grec qui vivait environ 600 ans avant Jésus-Christ, se borne, dans un passage de ses écrits qui a été cité bien souvent, à signaler l'existence de ce phénomène dont il donne une explication à sa manière. Selon ce philosophe, l'ambre était doué d'une âme, et il attirait à soi les corps légers « comme par un souffle ».

Venu 600 ans après Thalès, le naturaliste Pline n'en dit pas davantage sur le même sujet : « Quand le frottement a « donné à ce corps *la chaleur et la vie*, il attire les pailles et « les feuilles d'arbre d'un faible poids. » Avant lui, Théophraste, dans son *Traité des pierres précieuses*, s'étant borné aussi à une simple mention de cette propriété attractive, qu'il avait reconnue pourtant à quelques autres corps, tels que le *lyncurium*, substance que l'on croit identique avec notre tourmaline.

Voilà, en ce qui concerne les phénomènes électriques, tout l'héritage que l'antiquité nous a laissé. On avait reconnu le phénomène fort simple que présente l'ambre frotté ; on déclara que l'ambre avait une âme, et tout fut dit.

Il a existé et l'on trouve encore une classe d'érudits qui, nourris de l'antiquité et ne comprenant que cette époque, veulent, dans leur adoration pour ce qui n'est pas de leur temps, faire honneur aux Grecs et aux Romains de toutes les grandes acquisitions de l'intelligence humaine. Ces fanatiques admirateurs du passé ont revendiqué en faveur des anciens les plus grandes découvertes faites de nos jours. Dans son ouvrage sur l'*Origine des découvertes attribuées aux modernes,* Dutens s'est fait l'interprète de ces idées ; il n'est pas, d'après cet écrivain, une seule de nos inventions scienti-

fiques dont on ne puisse, avec un peu d'érudition grecque ou latine, signaler les traces ou l'origine dans les écrits des anciens.

Il est étrange que des savants qui ont passé leur vie sur les restes de l'antiquité aient entièrement méconnu le caractère de l'esprit philosophique de cette époque; qu'ils n'aient jamais compris que la philosophie des Grecs et des Romains impliquait la négation absolue de notre esprit scientifique actuel. Les sciences physiques proprement dites ont pour base l'examen des faits et leur comparaison; elles ont pour moyen l'expérience, c'est-à-dire l'art d'interroger la nature par des observations méthodiques, et de vérifier, par des observations nouvelles, les conjectures tirées d'inductions précédentes. Les anciens n'avaient aucun moyen de se livrer avec suite et succès à ces observations sur lesquelles sont fondées toutes les sciences actuelles. En outre, un grand nombre de leurs philosophes, surtout leurs moralistes, repoussaient cette recherche comme une occupation indigne des esprits élevés. C'est ce qu'il est facile d'établir par un coup d'œil rapide jeté sur les écrits des anciens philosophes.

Interrogez sur le véritable but de la science Platon, l'illustre chef de la philosophie grecque; il vous dira que « le « but de la science, c'est d'imprimer à l'âme un mouvement « qui, du jour ténébreux qui l'environne, l'élève jusqu'à la « vraie lumière de l'être (1), » ou « de conduire l'homme à « la connaissance de la vérité abstraite, essentielle, éter- « nelle (2). »

Dans sa *République*, Platon passe en revue les arts mécaniques et les sciences pratiqués de son temps. Les arts mécaniques ne lui présentent rien que d'ignoble; la science du calcul, il la trouve utile comme les autres, parce que peut-

(1) *Rép.*, liv. VII. *Œuvres de Platon, traduites par Victor Cousin*, t. X, p. 79.
(2) *Ibidem*, p. 82.

être « elle élève l'âme à la pure intelligence, » et aussi « comme donnant à l'âme un puissant élan vers la région « supérieure et l'obligeant à raisonner sur les nombres tels « qu'ils sont en eux-mêmes, sans jamais souffrir que ses « calculs roulent sur des nombres visibles et palpa- « bles (1). »

Il se moque de Palamède, qui, dans sa tragédie, attribue les succès d'Agamemnon à l'exactitude des calculs de ce général : « En vérité, Palamède, dans ses tragédies, nous re- « présente toujours Agamemnon comme un plaisant général ! « N'as-tu pas remarqué qu'il prétend avoir, à l'aide des « nombres qu'il avait inventés, distribué les troupes dans le « camp devant Troie, et fait le dénombrement des vaisseaux « et tout le reste, comme si, avant lui, rien de tout cela « n'eût été compté (2) ! » Si Platon recommande la géométrie, c'est parce qu'elle a pour objet « la connaissance de ce « qui est toujours et non de ce qui naît et périt; » parce qu'elle « attire l'âme vers la vérité et forme en elle l'esprit « philosophique, en l'obligeant à porter haut ses regards au « lieu de les abaisser sur les choses d'ici-bas (3). » Quant à l'astronomie, son interlocuteur, Glaucon, serait assez porté à la recommander aux jeunes gens de sa République, sur cette considération qu'elle donne au laboureur et au pilote la connaissance exacte des saisons, des mois et des années. Mais son maître reprend sur ce point le jeune adepte : « C'est « de ta part bonté pure, dit Platon, et là n'est pas le véri- « table avantage de l'astronomie. Son véritable avantage, « c'est de purifier, de ranimer un organe de l'âme éteint et « aveuglé par les autres occupations de la vie, organe dont « la conservation nous importe mille fois plus que celle des « yeux du corps, puisque c'est par lui seul que nous aperce-

(1) *Œuvres de Platon, traduites par Victor Cousin*, t. X, p. 89.
(2) *Rép.*, liv. VII, p. 82, traduction de M. Cousin.
(3) *Ibidem*, p. 92.

« vons la vérité (1). » Archytas de Tarente, mathématicien célèbre, avait inventé divers appareils mécaniques fondés sur l'application de principes mathématiques. On lui attribue l'invention de la vis, celle de la poulie, de la crécelle et de diverses autres machines simples, la solution de plusieurs problèmes de géométrie, notamment la duplication du cube, enfin l'invention de cette fameuse *colombe volante* sur laquelle on a tant disserté au moyen âge. Platon ne manqua pas d'adresser de vifs reproches au savant Archytas, disant : « qu'il corrompait la géométrie et lui faisait perdre toute sa « dignité, en la forçant, comme une esclave, de descendre « des choses immatérielles aux objets corporels et sensi- « bles, » et ajoutant que c'était dégrader l'exercice de l'intelligence que de l'abaisser à des actes propres seulement à des charpentiers ou à des charrons (2).

Si des Grecs nous passons aux Romains, nous y trouverons marqués au même degré ce mépris du travail du corps et cette répugnance à l'examen des objets matériels qui constituent pourtant le moyen fondamental de nos sciences actuelles. Chez les Romains, il était commandé d'abandonner aux esclaves le domaine des choses physiques, qui auraient souillé les mains d'un philosophe et d'un citoyen. On voit, par les *Lettres de Sénèque,* avec quel mépris superbe les philosophes latins foulaient aux pieds les choses terrestres et le travail manuel : « Je ne puis accorder, dit ce philosophe, « que les arts, qui sont d'un usage journalier à l'homme, « aient été inventés par les philosophes. C'est un honneur « que je ne ferai jamais au travail manuel (3). »

Mais Sénèque a écrit un gros livre sur ces questions mêmes qu'il traite avec tant de mépris. Aussi a-t-il bien soin de nous

(1) *Rép.*, liv. VII, p. 93-94, traduction de M. Cousin.

(2) Plutarque, *Vie de Marcellus*, traduction de Ricard, t. Ier, p. 395.

(3) *Œuvres complètes de Sénèque le philosophe*, édition Panckoucke, t. VI, lettre 90, p. 457.

éclairer sur les motifs qui ont présidé à la composition de son œuvre. A-t-il écrit son livre sur les *Questions naturelles* pour étendre l'empire de l'homme sur le monde matériel, pour augmenter ses jouissances ou soulager ses maux? Nullement, mais au contraire parce que cette étude sert à élever l'esprit au-dessus des soins infimes de la vie, à l'isoler du corps, à exercer sa pénétration dans la solution de questions obscures; « parce qu'elle commence par nous éloigner des « objets indignes de nous, et finit par dégager des liens du « corps l'âme elle-même (1). »

On trouve, dans le même ouvrage, un témoignage instructif et non équivoque de la manière dont Sénèque et les philosophes de son temps traitaient les inventeurs des arts utiles.

« Je ne pense pas, dit Sénèque, que ce soient les sages « qui aient découvert le fer et le cuivre, lorsque, du sein de « la terre embrasée par l'incendie des forêts, jaillirent à sa « surface les veines métalliques en fusion. Pour inventer de « pareilles choses, il faut s'en occuper (*ista tales inveniunt « quales colunt*). » Aussi cette question qu'agite Possidonius : « Si l'usage du marteau a précédé celui des tenailles, » paraît-elle fort peu digne de l'attention que le philosophe lui prête. « Ces deux instruments, dit Sénèque, ont été inventés « tous deux par un homme adroit et d'un esprit exercé, mais « non d'un esprit remarquable et élevé, comme il en est, du « reste, de toutes les recherches qui exigent que le corps « soit courbé vers la terre avec son attention aussi, *quidquid « aliud corpore incurvato et animo humum spectante, quærendum est* (2). »

Il reproche à Possidonius de décrire les premiers emplois de la charrue, et il conteste que le sage en soit l'inventeur.

(1) *Œuvres complètes de Sénèque le philosophe*, édit. Panckoucke, préface du livre III des *Questions naturelles*, t. VIII, p. 187.

(2) Lettre 90, t. VI, p. 459.

Il l'accuse de transformer le sage en boulanger (*in pistrinum sapientem submittit*), parce que Possidonius raconte comment le sage s'y est pris pour préparer la farine, pétrir et cuire le pain. « Peu s'en est fallu, ajoute-t-il, qu'il ne nous « présentât aussi le métier de savetier comme une invention « du sage, *quin sutrinum quoque inventum a sapientibus diceret* (1). » Il ajoute enfin : « Tous ces arts ont été, il est « vrai, imaginés par la raison, mais non par la droite raison « (*omnia etiam ratio quidem, sed non recta ratio, commenta sunt*). Ce sont des inventions de l'homme, non du sage. »

Possidonius prétend que c'est le sage qui a inventé l'art de diriger les vaisseaux par le gouvernail, mais qu'ensuite, comme ils étaient indignes d'occuper ses mains, il les a abandonnés à de vils esclaves. Sénèque s'indigne contre cette imputation :

« Je prétends, moi, s'écrie le philosophe, que toutes ces « choses n'ont pas été inventées par d'autres que par ceux « mêmes qui les exploitent aujourd'hui. En effet, ajoute Sénèque, de mon temps on a fait des découvertes du même genre, « comme des toitures transparentes pour laisser passer la lumière dans toute sa pureté, des bains suspendus et des tubes « logés dans l'épaisseur des murs pour diriger et répartir également dans la maison une chaleur douce et égale, des marbres qui font briller d'un riche éclat les temples et les maisons particulières, des pierres arrondies et polies pour servir « de base à des portiques et à de vastes édifices, enfin les caractères de la sténographie, à l'aide desquels la main sait, sans « la moindre peine, recueillir les discours, quelle que soit la « rapidité de la parole de l'orateur. Mais toutes ces inventions « n'appartiennent qu'à de vils esclaves. La science a une mission plus noble : ses leçons ne s'adressent pas aux mains, mais « à l'âme (2). »

Selon Sénèque, non-seulement le sage n'a pas abandonné

(1) *Œuvres compèètes de Sénèque le philosophe*, t. VI, lettre 90, p. 469.
(2) *Ibidem*, p. 469-471.

les arts manuels après les avoir inventés, mais il ne s'en est jamais occupé. Ainsi, par exemple, Possidonius attribue à Anacharsis l'invention de la roue du potier de terre :

« Il n'est pas impossible, dit Sénèque, qu'Anacharsis soit l'in-« venteur de cette machine ; mais, s'il l'a inventée, c'est quoi-« que sage et non comme sage (*et si fuit, sapiens quidem hoc inve-« nit, sed nec tanquam sapiens.*) comme les sages font beaucoup « d'autres choses parce qu'ils sont hommes et non parce qu'ils « sont sages (*sicut multa sapientes faciunt, quia homines sunt, non « quia sapientes*). C'est ainsi qu'il peut arriver qu'un philosophe « soit léger à la course ; mais il devancera ses rivaux en tant que « léger, mais non en tant que sage (*quia velox est, non quia sa-« piens*) (1). »

Il nie ensuite que Démocrite ait inventé les voûtes de pierre (*hoc dicam falsum esse*) : il est impossible que les voûtes construites en arcade n'aient pas été exécutées avant lui.

« Il est bien vrai, ajoute-t-il, que Démocrite a inventé l'art de « ramollir l'ivoire, de fabriquer par l'action du feu des éme-« raudes artificielles et de colorer par la cuisson diverses pier-« res ; mais, s'il est vrai que Démocrite ait fait ces inventions, ce « n'est point à titre de sage, car le sage fait forcément beaucoup « de choses qu'exécutent aussi les hommes les plus étrangers « à la sagesse. »

Le lecteur voudra bien excuser la longueur des citations qui précèdent. Nous tenions à établir ce fait, trop méconnu jusqu'à ce moment, que chez les anciens, la philosophie, l'éducation et les mœurs, éloignaient l'idée des sciences telles que nous les comprenons aujourd'hui, et qu'il serait par conséquent impossible d'aller placer dans l'antiquité l'origine de nos connaissances physiques. Au lieu de se consacrer à l'étude, à l'observation de la nature, afin de s'é-

(1) *Œuvres de Sénèque*, t. VI, lettre 90, p. 475.

clairer sur les lois qui régissent l'univers, les anciens préféraient se perdre dans la contemplation de l'idéal. On fermait volontairement les yeux au spectacle admirable du monde extérieur, pour débattre compendieusement des questions abstraites et souvent oiseuses. Quant à observer le plus simple des phénomènes naturels pour essayer de remonter à sa cause, cette idée ne pouvait se présenter à l'esprit d'un peuple qui allait apprendre, le plus sérieusement du monde, dans les vers de ses poëtes ou de la bouche des personnages du théâtre, que les abeilles naissent du corps putréfié d'un bœuf, et que l'ambre provient de l'incrustation des larmes d'un oiseau de l'Inde pleurant la mort du roi Méléagre.

L'esprit scientifique ne pouvait pas beaucoup plus facilement prendre naissance et se développer à l'époque du moyen âge. La scolastique, trônant dans les écoles, courbait toutes les intelligences sous le joug d'Aristote, c'est-à-dire sous l'empire de l'antiquité. Au lieu de porter les esprits vers l'étude des choses, elle renfermait la science entière dans l'étude et le stérile commentaire des mots. Les principes du christianisme tendaient, dans un certain sens, au même résultat, car le mépris des choses terrestres prêché par l'Église chrétienne, avait engendré une philosophie qui détournait les hommes de l'étude minutieuse des faits physiques. Aussi peut-on remarquer que les premières lueurs scientifiques qui, en Europe, apparaissent au milieu des ténèbres de l'ignorance universelle, se lèvent du côté des peuples non chrétiens : elles arrivent par les Égyptiens, par les Arabes et les Maures d'Espagne. Si, en plein moyen âge, un physicien ceignit la tiare pontificale ; si quelques hommes de génie se révélèrent dans le silence des cloîtres et apparurent sous le froc de quelques moines studieux, ce ne furent là, pour ainsi dire, que des inconséquences du siècle, et leurs contemporains le firent bien sentir au pape

Sylvestre II, à Albert le Grand, à Roger Bacon, à Raymond Lulle, en accusant ces grands hommes du crime de magie, et dénonçant au monde leur pacte secret consenti avec le prince des ténèbres.

Ces réflexions montrent suffisamment combien il serait illogique de reporter l'origine des sciences modernes à des temps très-éloignés des nôtres. La création des sciences physiques date réellement de la fin du XVIe siècle, c'est-à-dire de l'époque qui vit naître la glorieuse et immortelle trinité de Galilée, de Descartes et de Bacon. Après l'émancipation politique, sociale et religieuse de l'Europe, les sciences physiques naquirent, comme un dernier et suprême bienfait, de la philosophie nouvelle.

On ne sera donc pas surpris de voir la science de l'électricité n'apparaître que dans les dernières années du XVIe siècle, c'est-à-dire à l'époque même où Galilée publiait ses premiers travaux. A partir de ce moment, le souffle de l'esprit nouveau commence à passer sur le monde; la méthode scientifique est fondée; aussi l'art de l'expérimentation, dont Galilée vient de donner à la fois le précepte et l'exemple, se montre-t-il en même temps sur tous les points de l'Europe intelligente, en Italie, en France, en Allemagne, en Angleterre.

C'est dans cette dernière partie de l'Europe que la science de l'électricité naquit vers les dernières années du XVIe siècle. Elle eut pour père Guillaume Gilbert, de Colchester, médecin de la reine Élisabeth d'Angleterre, mort en 1603. Comme, à cette époque, tous les phénomènes de la nature sollicitaient à la fois les recherches, la curiosité des observateurs devait particulièrement se diriger vers les faits qui se distinguaient le plus par leur singularité. Parmi ces derniers, apparaissait au premier rang le phénomène de l'attraction du fer par l'aimant. Guillaume Gilbert publia,

sous le titre *De arte magneticâ*, un livre, vraiment admirable, où les phénomènes magnétiques sont soumis pour la première fois à un examen approfondi. Après les nombreuses expériences qu'il avait faites sur la *pierre d'aimant*, Guillaume Gilbert dut naturellement s'occuper du phénomène d'attraction qui est particulier à l'ambre jaune. Cette substance, quand elle a été frottée, attirant les corps légers à la manière des substances magnétiques, apparaissait à Gilbert comme une variété d'aimant naturel ; d'après cela, son étude rentrait parfaitement dans l'ordre des recherches qu'il avait entreprises.

Quand le médecin de Colchester commença ses expériences sur l'ambre jaune, tout ce que l'on savait encore, c'est que cette substance attirait les corps légers. Seulement, Pline avait annoncé que le jayet jouit de la même propriété. Or, l'ambre jaune était une substance que l'on mettait alors au nombre des plus précieuses ; il servait à l'ornement des autels et entrait dans les parures de luxe. Le jayet était aussi considéré comme un objet de prix ; on le consacrait à faire des miroirs avant l'invention des glaces. La rareté de ces deux matières fossiles et leur propriété commune d'attirer les corps légers avaient fait naître au moyen âge diverses opinions scientifiques que l'on avait formulées plus ou moins clairement. Gilbert présuma avec sagacité que, quel que fût le prix accordé par les hommes à l'ambre et au jayet, la nature n'avait pas départi exclusivement à ces deux substances le privilége de cette sorte d'attraction magnétique. Cette pensée le conduisit à des expériences et à des découvertes qui jetèrent les premiers fondements de la science électrique.

Dans ses recherches sur l'aimant, Gilbert avait remarqué qu'il faut une moindre force pour mettre en mouvement une aiguille mince et légère posée en équilibre sur un pivot bien poli, comme l'est, par exemple, l'aiguille aimantée d'une

boussole, que pour déplacer et élever d'une seule ligne le même corps ou un corps beaucoup plus léger. Il mit habilement à profit cette disposition pour constater le phénomène de l'attraction électrique dans les substances où elle est trop faible pour se manifester d'une autre manière. Gilbert prit donc une aiguille semblable à celle dont on se sert pour les boussoles, et la posa en équilibre sur un pivot; ainsi soutenue, elle était beaucoup plus mobile que tout corps léger appuyé sur une table ou sur un plan quelconque. Il approchait alors de cette aiguille le corps préalablement frotté, dans lequel il voulait constater la propriété électrique ; pour peu que le corps frotté fût doué de cette vertu, elle devenait immédiatement sensible par le mouvement de l'aiguille (1).

En opérant de cette manière, Gilbert reconnut que la propriété d'attirer les corps légers, après des frictions préalables, n'est pas exclusivement propre à l'ambre et au jayet, mais qu'elle est commune à la plupart des pierres précieuses, telles que le diamant, le saphir, le rubis, l'opale, l'améthyste, l'aiguemarine, le cristal de roche. Il la trouva aussi dans le verre, la bélemnite, le soufre, le mastic, la cire d'Espagne, la résine, l'arsenic, le sel gemme, le talc, l'alun de roche. Toutes ces matières, quoique avec différents degrés de force, lui parurent attirer non-seulement les brins de paille, mais tous les corps légers, comme le bois, les feuilles, les métaux en limaille ou en feuille, les pierres, les terres et même les liquides, tels que l'eau et l'huile.

Gilbert a fait encore une foule d'observations de détail sur

(1) « Faites, dit Guillaume Gilbert, une aiguille de quelque métal « que ce soit, de la longueur de deux ou trois pouces, légère et très-« mobile sur un pivot, à la manière des aiguilles aimantées ; approchez « d'une des extrémités de cette aiguille, de l'ambre jaune ou une pierre « précieuse légèrement frottée, luisante et polie, l'aiguille se tournera « sur-le-champ. » (*De arte magneticâ.*)

les circonstances qui accompagnaient l'attraction électrique dans les substances où il l'avait reconnue. Toutes ces observations sont éparses sans doute, et le lien qui doit les rattacher ne se montre pas encore; mais l'impulsion était donnée, et la carrière ouverte par ce physicien ne devait pas tarder à se remplir.

Gilbert, qui fut le père de la science électrique, l'avait laissée dans l'enfance. Ce qui arrêtait ses premiers pas, c'était le manque d'un appareil à l'aide duquel elle pût s'exercer et procéder à des investigations précises. A cette science nouvelle il fallait son instrument, il fallait à l'électricité sa machine. Ce fut l'illustre Otto de Guericke, bourgmestre ou consul de Magdebourg, qui dota la science électrique de sa première machine.

Un simple tube de verre que l'on frottait avec une étoffe de laine avait suffi à Gilbert pour ses expériences. Otto de Guericke forma avec un globe de soufre une machine plus commode et plus puissante. Le soufre est une substance qui s'électrise beaucoup par le frottement ; en lui donnant la forme d'une sphère et disposant cette sphère de soufre de manière à pouvoir lui imprimer un mouvement de rotation rapide, Otto de Guericke obtint une machine propre à servir aux expériences électriques. L'opérateur tournait d'une main la manivelle qui imprimait au globe de soufre son mouvement de rotation; de l'autre main, il tenait un morceau de drap qui servait à opérer le frottement.

Telle est la première machine électrique que la physique ait possédée. On sait qu'Otto de Guericke est aussi l'inventeur de la machine pneumatique. Ces deux découvertes, d'une importance égale, assurent, dans l'histoire des sciences, une place hors ligne au physicien de Magdebourg.

La figure suivante (fig. 1) représente la machine électrique telle qu'elle se trouve dans l'ouvrage latin d'Otto de Guericke : *Experimenta nova Magdeburdica.*

L'auteur expose dans les termes suivants la manière de se procurer cette machine :

« Prenez une sphère de verre, ou, comme on l'appelle, une « fiole de la grosseur d'une tête d'enfant ; placez-y du soufre « concassé en morceaux dans un mortier, et approchez-la du « feu, de manière à faire fondre le soufre. Le tout étant refroidi,



Fig. 1.

« cassez le globe de verre pour en retirer la sphère de soufre, « que vous conserverez dans un lieu sec ; il faut ensuite percer « ce globe de manière à faire traverser son axe d'une tige de « fer. Le globe sera alors préparé (1). »

Le phénomène lumineux qui accompagne le frottement

(1) « Si cuidam placuerit, ille sphæram vitri, quod vocant phialam, « sumat magnitudine ut caput infantis ; in eam sulphur in mortario con- « tusum injiciat, ac igni admotum liquefaciat satis ; eoque refrigerato « sphæram frangat ac globum eximat, locoque sicco non humido conser- « vet : si lubeat, illum quoque foramine quodam perforet, ut radio ferreo « ceu axe quodam circumagi queat : atque hoc modo præparatus erit « hic globus. » (Otto de Guericke, *Experimenta nova*, lib. quartus, cap. xv, p. 147.)

du globe de soufre, c'est-à-dire l'étincelle électrique, avait particulièrement occupé le bourgmestre de Magdebourg: c'est là surtout ce qu'il avait pu constater au moyen de la machine élémentaire dont nous venons de donner la description. Mais Otto de Guericke fit en même temps quelques observations qui, plus tard, développées et variées, devaient servir de base à la science de l'électricité.

Le physicien de Magdebourg remarqua, le premier, ce fait capital, qu'un corps léger attiré par le globe de soufre électrisé, dès qu'il a touché ce globe, est aussitôt repoussé. Il avait reconnu encore qu'aucun de ces corps légers, ainsi repoussés, ne pouvait être de nouveau attiré par le globe que lorsque le hasard lui avait ménagé le contact d'un corps non électrisé. Enfin, il avait cru observer que les duvets de plume et autres corps légers, en s'éloignant du globe, lui présentaient constamment la même face.

De ces divers faits, dont le dernier ne provenait que d'une observation inexacte, Otto de Guericke tira des conclusions mal fondées, mais qu'il n'est pas sans intérêt de connaître pour apprécier la hardiesse, l'activité impatiente qui distinguaient le génie de ce physicien. Dans les phénomènes successifs de l'attraction et de la répulsion que le globe de soufre électrisé exerçait sur les corps légers placés dans son voisinage, Otto de Guericke crut voir une imitation parfaite des attractions et des répulsions que le globe terrestre exerce sur les corps situés dans sa sphère d'action. Il pensait que la même cause détermine les plumes repoussées par le globe à lui présenter constamment la même face, et la lune à montrer toujours le même hémisphère à la terre.

L'analogie entre les attractions électriques et les attractions planétaires était mal fondée, car l'attraction planétaire est proportionnelle à la masse des corps, tandis que l'attraction électrique n'est proportionnelle qu'à leur surface. Mais si le rapprochement hardi essayé par le physicien

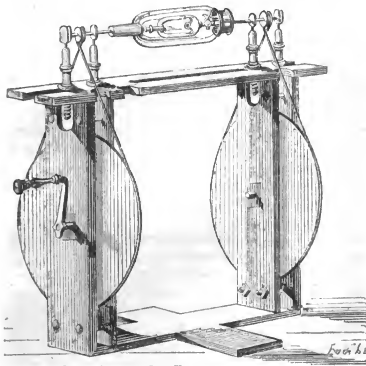
de Magdebourg était inadmissible, le fait de la répulsion des corps après leur attraction par le corps électrisé était certain. L'explication fut mise de côté, et le fait demeura acquis à la science pour recevoir bientôt son éclaircissement théorique.

La machine du consul de Magdebourg ne donnait que de bien faibles manifestations électriques : les étincelles étaient si peu visibles que leur clarté surpassait à peine l'espèce de lueur phosphorescente qu'émet le sucre frappé ou cassé dans l'obscurité. Pour apercevoir cette faible lueur, il fallait frotter le globe dans un lieu obscur, et, pour entendre le bruit et le petillement de l'étincelle, tenir l'oreille tout près du globe. Un physicien anglais, nommé Hauksbée, qui écrivait en 1709, obtint des effets électriques beaucoup plus considérables en remplaçant le globe de soufre d'Otto de Guericke par un cylindre de verre auquel il imprimait mécaniquement un mouvement de rotation pendant qu'on le frottait avec la main.

Ainsi modifiée, la machine électrique présenta la figure suivante, que nous empruntons à l'ouvrage de Hauksbée (fig. 2).

Cette machine constituait un grand perfectionnement sur celle d'Otto de Guericke ; elle permit d'observer de curieux phénomènes. Remarquons néanmoins que, dans les expériences dont il nous a transmis le récit, Hauksbée ne nous parle des effets de sa machine que sous le rapport de la production de la lumière. Il s'était surtout proposé de répéter et d'étendre les expériences faites précédemment par Robert Boyle, qui avait reproduit, sans y ajouter beaucoup, les observations d'Otto de Guericke sur les effets lumineux du globe électrisé. Hauksbée s'occupa donc particulièrement d'observer les diverses manifestations de la lumière électrique quand on excitait l'étincelle dans l'air, dans le vide ou dans différents milieux. La machine figurée plus bas, d'après l'ouvrage de Hauksbée, se compose, comme on le voit, de

deux cylindres de verre rentrant l'un dans l'autre, et que l'on peut mettre en mouvement, séparément ou à la fois, à l'aide d'une roue mue par une manivelle. Le cylindre intérieur était pourvu d'un robinet, parce qu'on le plaçait préalablement sur la machine pneumatique, afin d'aspirer l'air



Dessin - Gravure . Brevets de Ch. Beslay

Fig. 2.

contenu dans son intérieur quand on voulait observer les effets de l'étincelle électrique excitée dans le vide (1).

(1) La citation suivante donnera une idée juste de l'objet et du but des expériences entreprises par Hauksbée avec son appareil électrique. M. de Brémond, de l'Académie des sciences, s'exprime comme il suit,

Gravesande, dans ses *Éléments de physique*, donne la description et la figure d'une machine électrique construite

à propos des expériences d'Hauksbée sur l'électricité, dans le *Discours historique et raisonné* qu'il a mis en tête de la traduction des œuvres de ce physicien:

« C'est à M. Hauksbée que nous sommes redevables de la première application des globes ou des cylindres de verre, aux expériences électriques. A peine avant lui savait-on d'une manière bien décidée que le verre fût un corps électrique. Les académiciens de Florence le relèguent parmi les corps dont la vertu s'annonce par des effets peu sensibles. Quoiqu'il n'ait pas tiré un meilleur parti du globe que du tube qui nous vient du même physicien, cependant les expériences qu'il a faites par son secours avaient ouvert avantageusement la route, et ses succès en annonçaient de plus brillants encore. Mais MM. Grey et Dufay abandonnèrent trop légèrement le globe pour se borner au tube. C'est de nos jours que les physiciens d'Allemagne l'ont repris; ils en ont augmenté et multiplié considérablement les effets.

« Avec cet appareil que nous venons de décrire, M. Hauksbée fit des découvertes très-intéressantes. Lorsqu'il appliquait sa main sur le récipient extérieur, tandis qu'il avait reçu un mouvement rapide, la lumière exprimée par le frottement s'élançait par des ramifications surprenantes sur la surface du récipient intérieur. Elle avait plus d'éclat et de force lorsque le mouvement était imprimé aux deux récipients en même temps; soit que ce fût du même sens, soit que ce fût en sens contraire, soit que l'un des deux fût plein ou vide d'air. Lorsque les deux récipients, après avoir été frottés quelque temps, étaient en repos, et qu'on approchait la main du verre extérieur, des éclats de lumière se répandaient sur la surface du récipient intérieur.

L'appareil fut changé: on ajusta sur la machine de rotation un globe épuisé d'air; et auprès de ce premier globe, sur une semblable machine, à la distance d'un peu moins d'un pouce, on fixa un autre globe plein d'air. Dès qu'on eut communiqué le mouvement à ces deux globes, et appliqué la main sur celui qui était plein d'air, les émanations lumineuses excitées par le frottement se portèrent sur le globe en mouvement, vide d'air, et qui n'avait reçu aucun frottement. M. Hauksbée remarqua que le mouvement du globe non frotté était une circonstance favorable, et même, jusqu'à un certain point, nécessaire pour que la lumière parût se répandre dans l'hémisphère, qui touchait presque le globe frotté. Cependant il vint à bout d'exciter des traits éclatants dans un vaisseau de verre, dont l'air avait été pompé, lorsqu'il le présentait à quelque distance du globe frotté et en mouvement. Alors il paraissait que la lumière électrique, en se propageant dans les globes vides d'air, s'y enflammait par le choc de ses propres parties.

Un globe vide d'air, adapté sur la machine de rotation, devint très-lumineux dans l'intérieur, lorsqu'on appliqua la main sur la surface

sur le modèle de celle de *Hauksbée*. Cet appareil se compose d'un globe de cristal monté sur deux douilles de cuivre. Une large roue imprime un mouvement de rotation très-rapide au globe de cristal, que l'on frotte au contact de la main appuyée contre ce globe. Ce dernier est monté sur une table de bois à la hauteur de la main de l'opérateur (1).

Il est bien à regretter que la machine imaginée par Hauksbée ait été abandonnée après lui. Soit que le savant anglais n'eût pas suffisamment insisté sur les avantages qu'il devait offrir pour l'étude des phénomènes électriques, soit qu'on le trouvât embarrassant ou difficile à transporter, cet excellent appareil ne fut pas adopté par les physiciens, qui continuèrent de se servir, comme l'avait fait Gilbert, d'un simple tube tenu à la main et frotté avec un morceau d'étoffe de laine. Ce fut là une circonstance fâcheuse pour les progrès de l'électricité. Si la machine de Hauksbée était devenue alors d'un emploi général, elle aurait bientôt conduit à beaucoup d'observations importantes, que l'on ne fit

extérieure et qu'on lui communiqua un mouvement rapide; mais à mesure qu'on remplissait d'air la capacité du globe, en tournant un robinet pratiqué, comme nous l'avons vu, dans un des pivots, l'intensité de la lumière s'altérait de plus en plus. M. Hauksbée remarqua avec beaucoup de sagacité que la différence des nuances de la lumière, dans le vaisseau plein d'air et vide d'air, était la même que celle qu'il avait observée entre les lumières produites par le mercure quand il le secouait dans un ballon vide d'air ou plein d'air.

« L'air étant rentré dans le globe, des taches lumineuses, sans un éclat bien vif, s'attachaient aux doigts des observateurs, ou s'élançaient à un pouce de distance sur une bande de mousseline effilée par une de ses extrémités. A mesure qu'on faisait rentrer l'air, les faisceaux des ramifications, qui paraissaient dans l'intérieur, étaient plus déliés et prenaient mille formes différentes : au lieu que dans le vide ces rayons étaient plus uniformes et moins éparpillés. On aperçoit aisément la cause de ces effets. »

(1) *Éléments de physique démontrés mathématiquement et confirmés par des expériences, ou Introduction à la philosophie newtonienne*, ouvrage traduit du latin de Guillaume Jacob Gravesande. In-4. Leyde, 1746, t. II, p. 87.

que trente années plus tard, lorsqu'on reprit cet appareil à l'instigation et d'après l'exemple des physiciens allemands.

CHAPITRE II

Découverte du transport de l'électricité à distance. — Expériences de Grey et Wehler. — Découverte de la conductibilité des corps pour le fluide électrique et distinction des corps en électriques et non électriques.

Tout le monde connaît aujourd'hui la vitesse prodigieuse avec laquelle le fluide électrique se transmet d'un point à un autre : personne n'ignore, grâce au télégraphe électrique, que ce fluide franchit les plus énormes distances avec la rapidité de la pensée. Mais tout le monde ne sait pas que cette étonnante propriété fut découverte, au siècle dernier, à la suite d'un simple hasard d'expérience. Deux physiciens anglais, Grey et Wehler, eurent les honneurs de cette découverte, qui conduisit presque aussitôt à une autre observation tout aussi importante, c'est-à-dire à la distinction des corps en conducteurs et non conducteurs de l'électricité, ou, si l'on veut, en *corps électrisables* et *non électrisables* par le frottement.

L'instrument qui servait, en 1729, aux expériences sur l'électricité, était, comme nous l'avons dit plus haut, un simple tube de verre que l'on tenait d'une main, pendant qu'on le frottait, de l'autre, avec un morceau de drap. Voulant procéder à quelques expériences électriques, Étienne Grey s'était procuré un tube de verre de trois pieds et demi de long et d'un pouce un quart de diamètre, ouvert à ses deux extrémités. Afin d'empêcher l'introduction de la poussière dans l'intérieur de ce tube, il l'avait fermé avec deux bouchons de liége. Grey voulut d'abord s'assurer si les

phénomènes électriques resteraient les mêmes selon que ce tube serait ouvert ou fermé. En frottant le tube alternativement ouvert ou fermé, notre expérimentateur ne put constater aucune différence dans l'intensité de l'attraction exercée sur les corps légers.

C'est dans le cours de ce petit essai, que Grey observa le fait qui le mit sur la voie de sa découverte. Il s'aperçut qu'un duvet de plume, qui se trouvait par hasard dans le voisinage du tube électrisé fermé par ses bouchons, courut vers l'un des bouchons, qui l'attira et le repoussa ensuite, absolument comme le faisait le tube lui-même. Ainsi, l'électricité s'était transmise du tube au bouchon, c'est-à-dire du verre au liége, et la vertu électrique se communiquait au bouchon de liége par le fait de son contact avec le tube électrisé.

Cette observation fut pour Étienne Grey un trait de lumière. Généralisant le fait, il comprit que l'électricité pouvait, comme la chaleur, se communiquer d'un corps à l'autre par le simple contact, et pour vérifier cette conjecture, il se mit aussitôt en devoir de rechercher si des substances autres que le liége pourraient acquérir aussi l'attraction électrique par leur contact avec le tube de verre électrisé.

Grey prit donc une baguette de bois de sapin, longue de quatre pouces, et il fixa à l'une de ses extrémités une petite boule d'ivoire ; l'autre extrémité de cette baguette fut enfoncée dans le bouchon de liége qui servait à fermer le tube.

Le petit appareil ainsi disposé, Grey frotta le tube de verre, et approcha quelques corps légers de l'extrémité de la baguette de sapin : les petits corps furent aussitôt vigoureusement attirés : l'électricité s'était donc transmise du verre au bouchon de liége et du bouchon de liége à la baguette de sapin.

Ravi de ce résultat, Grey s'empressa de substituer à sa baguette de sapin de quatre pouces, des baguettes plus lon-

gues, qui produisirent le même effet. Des fils de cuivre, de petites tiges de fer, plantés dans le même bouchon, et mis de cette manière en communication avec le tube électrisé, remplacèrent ensuite les baguettes de bois, et transmirent tout aussi bien le fluide électrique.

Notre physicien voulut alors continuer l'expérience avec des tiges d'une plus grande longueur. Il se procura donc de minces et longs roseaux qui atteignaient d'un bout à l'autre de l'appartement où il se trouvait. Malgré la longueur de ces roseaux, le fluide se transporta à leur extrémité, et l'attraction électrique se montra tout aussi prononcée qu'auparavant.

L'expérience, comme on le voit, prenait beaucoup d'intérêt; Grey voulut la pousser aussi loin que possible. Limité par l'étendue de son appartement, il prit le parti de suspendre ses roseaux du haut du balcon de sa fenêtre jusque dans la cour.

Il attacha donc à son tube de verre une petite corde de chanvre, qui servit à suspendre de longs roseaux placés bout à bout. Il termina l'extrémité du dernier roseau par une petite boule d'ivoire, et se plaça sur le balcon du premier étage de sa maison, à une hauteur de vingt-six pieds au-dessus du pavé. Il frotta vivement son tube de verre, et la personne qui se tenait dans la cour, pour présenter les corps légers à la petite boule d'ivoire terminant ce long système, reconnut qu'elle jouissait, à un degré très-prononcé, de l'attraction électrique.

Grey monta alors du premier étage, au second : les phénomènes furent encore les mêmes. Il se plaça enfin sur les toits de la maison, l'extrémité inférieure des roseaux descendant jusqu'au sol sans toucher au mur : l'attraction électrique persista toujours.

On n'avait pas encore inventé les ballons aérostatiques, il est probable, sans cela, que notre physicien se serait élevé

dans les airs, afin de continuer, dans les limites les plus étendues, une expérience dont le succès le remplissait de joie.

Il y avait pourtant une manière de pousser plus loin le même essai, sans être obligé de s'élever en ligne perpendiculaire : il suffisait de replier le conducteur plusieurs fois sur lui-même dans l'intérieur de l'appartement. C'est ce que fit Étienne Grey. Il attacha à son tube de verre une longue corde de chanvre, et pour la soutenir en l'air, il tendit horizontalement des ficelles qui furent attachées à des clous plantés dans les deux faces opposées du mur. Ces ficelles donnaient un appui suffisant à la corde de chanvre qui devait servir de conducteur électrique ; avec un certain nombre de ces ficelles, on pouvait soutenir en l'air une corde assez pesante, et même, si on le voulait, la replier deux ou trois fois sur elle-même dans l'intérieur de l'appartement.

Les choses ainsi disposées, Grey frotta le tube de verre pour y développer la vertu électrique, et il s'empressa de reconnaître si l'extrémité de la corde attirait les corps légers comme il l'avait observé précédemment avec ses roseaux tenus du haut du balcon.

Mais, ô surprise ! aucun phénomène électrique ne se manifesta : les corps légers ne furent point attirés : ainsi l'électricité ne se transmettait point jusqu'à l'extrémité du conducteur ainsi soutenu ; elle se perdait par les ficelles qui supportaient la corde (1).

Ce dernier résultat donna beaucoup à réfléchir à notre

(1) Le lecteur s'explique facilement les résultats obtenus par Grey dans ces deux expériences. Dans la première, la corde de chanvre étant attachée au tube de verre et ne touchant ni le sol, ni les murs de l'appartement, se trouvait *isolée* par le manche de verre auquel elle était fixée. L'électricité transmise à la corde ainsi isolée devait donc s'y maintenir. Mais quand la corde était placée sur des ficelles tendues au travers de l'appartement, l'électricité pouvait s'échapper dans le sol par l'intermédiaire de ces supports et des clous fixés dans le mur.

expérimentateur. Il eut heureusement le bon esprit de ne pas imaginer de théorie pour se tirer d'embarras, et résolut d'aller conférer de cette difficulté avec un sien ami, nommé Wehler, physicien de mérite, et spécialement versé dans les expériences électriques.

Le 30 juin 1729, Grey alla donc trouver Wehler. Il commença à répéter avec son ami toutes ses expériences, qui réussirent parfaitement. Du sommet des toits de la maison de Wehler, une corde de chanvre, attachée à un tube de verre électrisé, attira très-bien les corps légers par son extrémité *pendante au-dessus du sol*. Mais quand on la disposait horizontalement sur des ficelles de chanvre fixées par des clous contre le mur de l'appartement, tout effet électrique disparaissait.

Au moment de répéter une fois de plus cette dernière expérience, Grey proposa à son ami de remplacer par un cordonnet de soie la ficelle de chanvre qui servait à soutenir la corde. Le motif qui le guidait dans cette substitution était d'ailleurs fort simple. La corde qu'il s'agissait de soutenir était très-lourde, car elle n'avait pas moins de quatre-vingts pieds de longueur. Grey, présumant que de simples ficelles ne supporteraient pas un tel poids, voulait leur substituer un cordon de soie, en raison de la plus grande solidité de cette matière. Ce fut l'emploi de ce cordon de soie, choisi par une circonstance bien fortuite, qui amena l'importante découverte de la distinction des corps en *conducteurs* et *non conducteurs de l'électricité*.

Le 2 juillet 1729, Grey et Wehler procédèrent ensemble à cette expérience. Ils opéraient dans une longue galerie tapissée de nattes. On tendit au milieu et au travers de cette galerie un cordonnet de soie, sur lequel on fit porter une corde de chanvre de quatre-vingts pieds de longueur. L'une des extrémités de cette corde venait s'attacher au tube de verre ; l'autre extrémité, qui atteignait au bout de la ga-

lerie, se terminait par une petite boule d'ivoire. Tout se trouvant ainsi disposé, Grey frotta le tube de verre, pendant que Wehler approchait de l'extrémité libre de la corde de chanvre quelques menus corps, tels que des plumes ou de minces feuilles de métal. Les corps légers furent vivement attirés. Ainsi l'électricité se transmettait d'un bout à l'autre de la corde, et la même expérience, qui avait échoué quand on supportait la corde au moyen de ficelles de chanvre, réussissait parfaitement quand on remplaçait ces dernières par un cordon de soie.

Assez surpris d'un résultat si contraire à celui qu'ils avaient observé la veille, nos deux physiciens s'empressèrent de varier cette expérience et de lui donner toute l'extension possible.

La galerie dans laquelle on se trouvait ne permettait pas d'opérer sur une plus grande longueur en ligne droite. On ramena donc la corde sur elle-même en lui faisant parcourir deux fois la galerie, c'est-à-dire une étendue de cent quarante-sept pieds. L'expérience réussit encore très-bien.

On se transporta ensuite dans une grange pour répéter le même essai sans replier la corde sur elle-même. On tendit en ligne droite une corde de cent vingt-quatre pieds de long, supportée par un cordon de soie placé transversalement : le fluide électrique se transporta parfaitement d'un bout à l'autre de ce long conducteur.

Le lendemain, 3 juillet, Grey et Wehler se disposèrent à répéter ces expériences, dans la même grange, en repliant une ou deux fois la corde de manière à doubler ou à tripler sa longueur. Mais un accident vint les contrarier. Le cordonnet de soie qui supportait cette longue corde se rompit. N'ayant pas en ce moment sous la main de cordonnet de soie plus fort, Wehler, qui ne considérait toujours dans ce support que le plus ou le moins de solidité qu'il pouvait offrir, va prendre un gros fil de laiton, et remplace par ce fil

métallique le cordon de soie qui s'était rompu. L'expérience est alors reprise. Mais, résultat inattendu ! elle manque complétement. Le fluide électrique cessa d'être transporté à l'extrémité de la corde; les corps légers n'étaient plus attirés. Ainsi l'électricité se perdait par le fil de laiton servant de support, comme il s'était perdu par les ficelles de chanvre et les clous dans la première expérience de Grey.

Le chanvre et les métaux offraient donc un passage facile au fluide électrique, tandis que la soie mettait obstacle à sa propagation.

Nos expérimentateurs en effet ne furent pas longs à se convaincre que c'était bien la nature de la soie, et non toute autre circonstance, qui empêchait la perte de l'électricité : un fil métallique, quelle que fût sa grosseur, laissait toujours écouler le fluide électrique, tandis qu'un cordonnet de soie, quelque mince qu'il fût, mettait toujours obstacle à sa fuite.

Poursuivant les mêmes recherches, Grey et Wehler reconnurent que le verre, la résine, le soufre, le diamant, les huiles, les oxydes métalliques, etc., ne livrent point passage à l'électricité, tandis que les métaux, les liqueurs acides ou alcalines, l'eau, le corps des animaux, etc., lui offrent une circulation facile. Il fut ainsi reconnu que les corps dans lesquels le frottement développe de l'électricité sont mauvais conducteurs de ce fluide, tandis que ceux qui ne s'électrisent pas par ce moyen sont bons conducteurs. Les physiciens comprirent dès lors que, si les corps bons conducteurs ne s'électrisent point par le frottement, cela tient à ce que le fluide électrique, à mesure qu'il est dégagé par le frottement, s'écoule immédiatement dans le sol en raison de la conductibilité de ces corps.

Voilà par quelle suite de hasards singuliers Grey fut amené à découvrir le fait du transport à distance de l'électricité, et comment bientôt après Grey et Wehler reconnu-

rent que tous les corps peuvent être distingués en *électriques* et *non électriques*, c'est-à-dire en mauvais conducteurs et bons conducteurs. Ces observations marquèrent les premiers pas importants faits par la science de l'électricité.

Une remarque à faire en ce qui concerne le transport du fluide électrique découvert par Grey et Wehler, c'est que ces deux physiciens ne poussèrent pas cette importante observation aussi loin qu'il leur était permis et qu'il était facile de le faire. Grey et Wehler n'allèrent pas jusqu'à reconnaître ce grand fait, que le transport de l'électricité à distance n'admet aucunes limites. Ils annoncèrent avoir transporté les effets électriques jusqu'à sept cent soixante-cinq pieds, et ils n'allèrent pas plus loin. Otto de Guericke avait vu l'électricité franchir seulement la longueur d'une aune; Grey et Wehler constatèrent sa propagation jusqu'à sept cent soixante-cinq pieds anglais. Il fallait de nouvelles expériences pour constater que le transport de l'électricité n'admet point de limites. Telle est la marche lente et progressive de l'esprit humain dans la recherche des vérités physiques. Il ne s'élève que par degrés à la connaissance des grandes lois de la nature, et le complément d'une découverte qui nous apparaît d'une réalisation facile exige quelquefois des siècles pour s'accomplir.

Étienne Grey, l'auteur des belles expériences que nous venons d'exposer, s'était fait remarquer par des observations, moins importantes sans doute, mais qui avaient pourtant leur degré d'utilité. Il fit plusieurs remarques particulières qui offrent aujourd'hui peu d'intérêt, parce qu'elles sont devenues banales, mais qui avaient une véritable valeur à l'origine de la science, lorsqu'on ignorait les moyens de développer de l'électricité dans les corps animés et dans les liquides. Grey fit le premier l'expérience de la bulle d'eau de savon électrisée par l'intermédiaire d'une pipe à fumer et attirant à elle des corps légers à la distance de quatre

pouces (1). Il multiplia beaucoup les expériences sur l'électrisation des liquides. Il fit voir qu'une goutte d'eau électrisée et isolée sur un plateau de verre, attire et repousse ensuite les corps légers qu'on lui présente ; et qu'une masse liquide, telle que du mercure ou de l'eau, se soulève, sous la forme d'un cône, quand on en approche un gros tube de verre électrisé (2). Il découvrit encore que le corps de l'homme peut s'électriser. Il prouvait ce dernier fait en plaçant, sur un gâteau de résine destiné à l'isoler, un enfant qu'il mettait en communication avec un tube de verre électrisé. Il eut aussi l'idée de suspendre un enfant sur des cordons de crin dans une position horizontale, et constata que, lorsqu'il avait mis en contact avec l'enfant son tube de verre frotté, la tête et les pieds attiraient les corps légers (3).

Après avoir énuméré les découvertes d'Étienne Grey, notons une opinion de cet observateur, erronée sans nul doute, mais bien digne d'être signalée par son analogie avec les vues qui avaient été précédemment émises sur le même sujet par Otto de Guericke. Grey avait cru reconnaître que les corps légers suspendus par un fil et attirés par l'action électrique, exécutent leur révolution d'occident en orient, dans des ellipses dont il détermina les foyers. Il s'était flatté de parvenir, par cette analogie de mouvement, à dévoiler le mécanisme du système de l'univers et l'essence véritable de l'attraction planétaire. Cette pensée le suivit jusqu'au tombeau. Il la communiqua, la veille de sa mort, au secrétaire de la Société royale de Londres, le docteur Mortimer, à qui il laissa le plan des expériences à exécuter pour la confirmer. Voulant se convaincre par lui-même de l'existence du phénomène, Mortimer exécuta les expériences et partagea l'erreur de son ami. Il fallut, pour la détruire, que Wehler, ré-

(1) *Philosophical Transactions*, vol. VII, p. 19 (Abridg.).
(2) *Ibidem*, vol. VII, p. 23 (Abridg.).
(3) *Philosophical Transactions*, vol. VII, p. 20 (Abridg.).

pétant les mêmes essais, en présence des membres de la Société royale de Londres, et dans le lieu consacré à ses séances, obtînt un résultat différent de celui que Mortimer avait annoncé.

L'erreur dans laquelle Grey et Mortimer étaient tombés avait sa source dans le même phénomène physico-mental qui rend compte des effets du *pendule explorateur* et des *tables tournantes*. C'est le désir secret, chez l'opérateur, de produire le mouvement d'occident en orient dans les corps électrisés, qui avait déterminé les corps suspendus à se mouvoir suivant cette direction, au moyen d'une impulsion légère, et d'ailleurs tout à fait involontaire, donnée par la main qui tenait le corps suspendu. Ce qui prouve la vérité de cette explication, c'est que Grey recommande, comme condition indispensable au succès de l'expérience, de faire soutenir le fil, non par un point fixe quelconque, mais par l'expérimentateur lui-même. Les phénomènes qu'il décrit ne se reproduisaient plus quand on remplaçait la main de l'expérimentateur par un support matériel (1).

(1) Dans son *Histoire de l'électricité*, Priestley donne, à propos des faits qui précèdent, des détails intéressants que nous allons reproduire :

« La plus grande erreur que M. Grey paraît avoir adoptée, dit Priestley, fut occasionnée par des expériences qu'il fit avec des balles de fer, pour observer la révolution des corps légers autour d'elles. L'article qui regarde ces expériences étant le dernier que M. Grey ait écrit, je le rapporterai tout au long, comme une chose curieuse :

« J'ai fait dernièrement, dit Grey, plusieurs expériences nouvelles « sur le mouvement projectile et d'oscillation des petits corps par l'électricité, au moyen desquelles on peut faire mouvoir de petits corps « autour des grands, soit en cercles ou en ellipses, qui seront concentriques ou excentriques au centre du plus grand corps, autour duquel « ils se meuvent, de façon qu'ils fassent plusieurs révolutions autour « d'eux. Ce mouvement se fera constamment du même sens que celui « dans lequel les planètes se meuvent autour du soleil, c'est-à-dire de « droite à gauche ou d'occident en orient; mais ces petites planètes, si je « puis les nommer ainsi, se meuvent beaucoup plus vite dans les parties « de l'apogée, que dans celles du périgée de leurs orbites ; ce qui est

---

CHAPITRE III

Travaux de Dufay. — Première étincelle électrique tirée du corps de l'homme. — Expériences des physiciens allemands. — Perfectionnement et formes diverses de la machine électrique : Machine de Boze, de Haüsen, — Winkler, Watson, etc. — Machine de l'abbé Nollet en France. — Inflammation des substances combustibles par l'étincelle électrique.

L'Angleterre seule avait encore été le théâtre d'expériences importantes sur l'électricité. Les physiciens français

« directement contraire au mouvement des planètes autour du soleil. »

« M. Grey n'a songé à ces expériences que fort peu de temps avant sa dernière maladie, et n'a pas eu celui de les achever ; mais la veille de sa mort, il fit part des progrès qu'il y avait déjà faits au docteur Mortimer, alors secrétaire de la Société royale. Il dit que chaque fois qu'il les répétait, elles lui causaient une nouvelle surprise, et qu'il espérait, si Dieu lui conservait encore la vie quelque temps, pouvoir, d'après ce que promettaient ces phénomènes, porter ses expériences électriques à la plus grande perfection. Il ne doutait pas qu'il ne fût en état, dans fort peu de temps, d'étonner le monde avec une nouvelle sorte de planétaire, auquel on n'avait jamais pensé jusqu'alors, et que d'après ces expériences il pourrait établir une théorie certaine pour expliquer les mouvements des corps célestes. Ces expériences, toutes trompeuses qu'elles sont, méritent d'être rapportées, ainsi que celles que l'on fit en conséquence après la mort de M. Grey, Je les rapporterai, dans les propres termes de M. Grey, telles qu'il les donna à M. Mortimer au lit de la mort.

« Placez, dit-il, un petit globe de fer d'un pouce, ou un pouce et demi « de diamètre, faiblement électrisé, sur le milieu d'un gâteau circulaire « de résine, de sept ou huit pouces de diamètre, et alors un corps léger « suspendu par un fil très-fin, de cinq ou six pouces de long, tenu dans « la main au-dessus du centre de la table, commencera de lui-même à « se mouvoir en cercle autour du globe de fer, et constamment d'occi- « dent en orient. Si le globe est placé à quelque distance du centre du « gâteau circulaire, le petit corps décrira une ellipse qui aura pour excen- « tricité la distance du globe au centre du gâteau.

« Si le gâteau de résine est d'une forme elliptique et que le globe de

entrèrent plus tardivement dans cette carrière; mais leurs premiers essais furent marqués de ce caractère de généra-

« fer soit placé à son centre, le corps léger décrira une orbite elliptique « de la même excentricité que celle de la forme du gâteau.

« Si le globe de fer est placé auprès ou dans un des foyers du gâteau « elliptique, le corps léger aura un mouvement beaucoup plus vite dans « l'apogée que dans le périgée de son orbite.

« Si le globe de fer est fixé sur un piédestal, à un pouce de la table, « et que l'on place autour de lui un cercle de verre, ou une portion de « cylindre de verre creux électrisé, le corps léger se mouvra comme « dans les circonstances ci-dessus et avec les mêmes variétés. »

« Il dit de plus, que le corps léger ferait les mêmes révolutions, mais seulement plus petites, autour du globe de fer placé sur la table nue, sans aucun corps électrique pour le soutenir; mais il avoue qu'il n'a pas trouvé que l'expérience réussit, quand le fil était soutenu par autre chose que la main, quoiqu'il imagine qu'elle aurait réussi, s'il eût été soutenu par quelque substance animale vivante ou morte.

« M. Grey continua de faire part à M. Mortimer d'autres expériences encore plus erronées que je me dispenserai de citer par égard pour sa mémoire. Que les chimères de ce grand électricien apprennent à ceux qui le suivent dans la même carrière, qu'il faut être bien circonspect dans les conséquences que l'on tire. Il ne faut pourtant pas que l'exemple décourage personne d'essayer ce qui pourrait ne pas paraître probable ; mais il doit engager du moins à différer la publication des découvertes, jusqu'à ce qu'elles aient été bien confirmées, et que les expériences aient été faites en présence d'autres personnes. Dans des expériences délicates une imagination forte influera beaucoup même sur les sens extérieurs; nous en verrons des exemples fréquents dans le cours de cette histoire.

« Le docteur Mortimer semble avoir été trompé lui-même par ces expériences de M. Grey; il dit qu'en les essayant après sa mort, il trouva que le corps léger faisait des révolutions autour des corps de différentes figures et de différentes substances, aussi bien qu'autour du globe de fer, et qu'il avait récemment essayé l'expérience avec un globe de marbre noir, une écritoire d'argent, un petit copeau de bois et un gros bouchon de liége.

« Ces expériences de M. Grey furent essayées par M. Wehler et d'autres personnes, dans la maison où s'assemble la Société royale, et avec une grande variété de circonstances; mais on ne put tirer aucune conséquence de ce qu'ils observèrent pour lors. M. Wehler, se donnant lui-même bien des peines pour les vérifier, eut des résultats différents ; et à la fin, il dit que son opinion était que, le désir de produire le mouvement d'occident en orient était la cause secrète qui avait déterminé le corps suspendu à se mouvoir dans cette direction, au moyen de quelque impression qui venait de la main de M. Grey, aussi bien que de la sienne, quoiqu'il ne se fût point aperçu lui-même qu'il donnât aucun mouvement à sa main. »

lisation et de méthode qui distingue à un si haut degré l'esprit scientifique de notre nation. Les faits observés jusque-là étaient déjà nombreux, mais leur multiplicité même portait la confusion dans la science naissante. Un système général d'explication pour l'ensemble des phénomènes électriques fut bientôt imaginé en France. Cette théorie remplissait si heureusement son objet, qu'elle a suffi jusqu'à notre époque pour l'explication et la systématisation des phénomènes électriques. C'est à Dufay, naturaliste et physicien, membre de l'Académie des sciences, intendant du jardin du Roi, et prédécesseur de Buffon dans cette charge, qu'appartient la création de cette théorie.

Depuis l'année 1733 jusqu'en 1745, Dufay publia une série de mémoires sur l'électricité. Il prouva que tous les corps, sans exception, peuvent s'électriser par le frottement, à la condition d'être tenus par un manche de verre ou de résine, c'est-à-dire *isolés*. Ce résultat général effaçait la distinction que Grey avait établie entre les corps électrisables et les corps non électrisables par le frottement. Bien que mal fondée, cette distinction avait simplifié les faits et jeté sur eux une clarté incontestable. Après avoir rendu un service réel et joué son rôle dans la science, cette théorie, devenue inutile, fut donc supprimée, ainsi qu'il arrive si souvent dans toutes les branches de nos connaissances positives en voie de création ou de perfectionnement.

Dufay démontra encore que la conductibilité électrique des substances organiques tient à la présence de l'eau qu'elles renferment toujours. Il fit voir, par exemple, que, dans la célèbre expérience de Grey et Wehler dont nous avons rapporté les détails, la conductibilité des substances organiques employées par ces expérimentateurs, c'est-à-dire des baguettes de bois, des roseaux et des cordes de chanvre, provenait d'une petite quantité d'humidité que retiennent toujours ces matières. En effet, en mouillant une corde de

chanvre, il augmenta considérablement sa conductibilité; en répétant avec une corde mouillée l'expérience de Grey et Webler, il transmit les effets électriques jusqu'à une distance de douze cents pieds.

Le principal titre de gloire de Dufay fut la découverte du grand principe théorique qu'il posa pour expliquer et régir l'ensemble des actions électriques. Ces règles importantes, le physicien français les dut moins à ses propres expériences qu'à la sagacité avec laquelle il sut généraliser les observations de ses prédécesseurs. La loi qu'il en fit sortir exerça la plus haute influence sur les progrès ultérieurs de la science. Dufay expose lui-même en ces termes la théorie dont il proposa l'adoption :

« J'ai découvert, nous dit-il dans un de ses mémoires, un principe fort simple qui explique une grande partie des irrégularités, et, si je puis me servir du terme, des caprices qui semblent accompagner la plupart des expériences en électricité.

« Ce principe est que les corps électriques attirent tous ceux qui ne le sont pas, et les repoussent sitôt qu'ils sont devenus électriques par le voisinage ou par le contact du corps électriques. Ainsi la feuille d'or est d'abord attirée par le tube, acquiert de l'électricité en en approchant, et conséquemment en est aussitôt repoussée ; elle ne l'est point de nouveau tant qu'elle conserve sa qualité électrique; mais si, tandis qu'elle est ainsi soutenue en l'air, il arrive qu'elle touche quelque autre corps, elle perd à l'instant son électricité, et conséquemment est attirée de nouveau par le tube, lequel, après lui avoir donné une nouvelle électricité, la repousse une seconde fois, et cette répulsion continue aussi longtemps que le tube conserve sa puissance. En appliquant ce principe aux différentes expériences d'électricité, on sera surpris du nombre de faits obscurs et embarrassants qu'il éclaircit (1). »

Un principe beaucoup plus général fut établi par Dufay : nous voulons parler de la distinction des deux espèces d'é-

(1) Otto de Guericke avait déjà noté ce fait, mais on ne l'avait pas encore élevé à l'état de principe général.

lectricités, l'électricité résineuse et l'électricité vitrée, ou, si l'on veut, positive et négative.

« Le hasard, continue Dufay, m'a présenté un autre principe plus universel et plus remarquable que le précédent, et qui jette un nouveau jour sur la matière de l'électricité.

« Ce principe est qu'il y a deux sortes d'électricités fort différentes l'une de l'autre : l'une que j'appelle *électricité vitrée*, et l'autre *électricité résineuse*. La première est celle du verre, du cristal de roche, des pierres précieuses, du poli des animaux, de la laine et de beaucoup d'autres corps. La seconde est celle de l'ambre, de la gomme copale, de la gomme laque, de la soie, du fil, du papier et d'un grand nombre d'autres substances.

« Le caractère de ces deux électricités est de se repousser elles-mêmes et de s'attirer l'une l'autre. Ainsi, un corps de l'électricité vitrée, repousse tous les autres corps qui possèdent l'électricité vitrée, et au contraire il attire tous ceux de l'électricité résineuse. Les résineux pareillement repoussent les résineux et attirent les vitrés. On peut aisément déduire de ce principe l'explication d'un grand nombre d'autres phénomènes, et il est probable que cette vérité nous conduira à la découverte de beaucoup d'autres choses. »

Dans le passage que nous venons de citer, Dufay établit avec une grande lucidité l'existence de deux espèces d'électricités : l'une, qu'il appelle *électricité vitrée*, appartient au verre, au cristal de roche, aux pierres précieuses, à la laine, aux poils des animaux, etc. ; l'autre, qu'il nomme *électricité résineuse*, est celle de l'ambre, de la soie, du fil, du papier, etc. Le caractère distinctif de ces deux électricités est de se repousser elles-mêmes et de s'attirer l'une l'autre. Un corps qu'anime l'électricité vitrée repousse tous les corps qui jouissent de la même électricité ; il attire, au contraire, ceux qui possèdent l'électricité résineuse.

Le principe posé par Dufay était d'un ordre tout à fait supérieur ; il ouvrait un champ immense aux progrès de la science électrique. A l'époque où il fut pour la première fois formulé par son auteur, il rendit déjà un service inestimable en ré-

pandant la clarté sur le plus grand nombre des phénomènes observés jusque-là, et permettant de les grouper d'une manière systématique. C'est grâce à ce principe et aux lois de l'attraction électrique découvertes plus tard par Coulomb, que l'on a pu concevoir une idée rigoureuse des phénomènes si complexes de l'électricité, et les soumettre au calcul. Enfin, la théorie de Dufay a permis, jusqu'à notre époque, d'expliquer commodément et avec simplicité tous les phénomènes électriques. La découverte du physicien français se recommande donc sous bien des aspects à la reconnaissance des savants.

Le principe établi par Dufay n'eut pas seulement une importance théorique, il eut encore son utilité pratique : il donna le moyen de reconnaître facilement, par expérience, à laquelle des deux électricités appartient un corps quelconque, animé d'un état électrique inconnu. Il suffit, pour s'assurer immédiatement de l'espèce d'électricité que renferme ce corps, d'en approcher un fil de soie électrisé résineusement. Si le fil est repoussé, le corps et le fil ont la même électricité, c'est-à-dire la résineuse. Si le fil est attiré par le corps, celui-ci est doué de l'électricité vitrée. On aperçoit ici la première trace de l'*électromètre*, instrument précieux qui sert à la fois à dévoiler la présence de l'électricité, à en déterminer l'espèce et à en mesurer la force.

Mais ce qui contribua surtout à rendre le nom de Dufay célèbre parmi les physiciens et à le populariser dans le gros du public, ce fut l'expérience dans laquelle il montra pour la première fois que l'on peut tirer des étincelles électriques du corps humain. Grey, en Angleterre, avait déjà prouvé que le corps de l'homme peut devenir électrique. Comme nous l'avons dit, le physicien anglais avait suspendu sur des cordons de soie un jeune garçon, et, le touchant avec un tube électrisé par le frottement, c'est-à-dire avec la machine électrique de cette époque, il avait constaté que le corps de la

personne ainsi isolée avait acquis la vertu électrique, car il attirait les corps légers. Il avait même cru reconnaître que les pieds n'agissaient pas dans cette circonstance avec autant d'intensité que la tête. Mais Grey, en raison de l'insuffisance de l'appareil électrique qu'il avait à sa disposition, n'était pas allé jusqu'à tirer une étincelle du corps humain. Dufay obtint ce dernier résultat, qui causa une vive impression sur l'esprit de ses contemporains.

Ayant attaché au plafond deux cordons de soie destinés à produire l'isolement électrique, Dufay se coucha sur une petite plate-forme supportée en l'air par ses cordons, et il se fit électriser par le contact d'un gros tube de verre frotté. L'abbé Nollet, qui débutait alors dans la carrière des sciences, lui servait d'aide dans cette tentative intéressante. Lorsque Nollet vint à approcher son doigt à une petite distance de la jambe de Dufay, il en partit aussitôt une vive étincelle : c'était le fluide électrique, qui, pour la première fois, s'élançait entre les corps de deux philosophes.

Ce résultat causa aux expérimentateurs une douce surprise. Nollet nous dit, dans un de ses ouvrages, qu'il n'oubliera jamais l'étonnement qu'il éprouva en voyant la première étincelle électrique émanée du corps humain (1). Cette étincelle occasionnait une impression de douleur très-légère, semblable à celle d'une piqûre d'épingle, et qui se faisait sentir à la main qui tirait l'étincelle aussi bien qu'à la personne d'où s'élançait le fluide. Quand on opérait dans l'obscurité, le corps de l'individu électrisé répandait une émanation lumineuse qui étonnait beaucoup les assistants. Aussi cette expérience occasionna-t-elle une grande sensation dans le public : on s'empressait d'accourir dans le cabinet de Dufay pour être témoin d'un phénomène qui ouvrait une carrière inépuisable aux discussions de la philosophie et de la phy-

(1) *Leçons de physique expérimentale*, t. VI, p. 452.

sique de cette époque. On croyait, en effet, voir se manifester physiquement à l'extérieur cette *matière subtile*, ces *petits corps*, ces *esprits animaux* qui, depuis Descartes, défrayaient toutes les discussions scientifiques, et servaient à résoudre tous les problèmes relatifs aux êtres vivants ou aux êtres inanimés, les problèmes de la physique aussi bien que les questions de psychologie.

Les travaux de Dufay venaient de jeter beaucoup d'éclat sur les savants français. Les physiciens de l'Allemagne, qui n'avaient pris encore qu'une très-faible part aux recherches concernant l'électricité, entrèrent alors dans cette voie. Ils reprirent la suite des importantes études dont leur compatriote, Otto de Guericke, avait donné le signal en construisant la première machine électrique que la physique ait possédée. L'intervention des expérimentateurs d'outre-Rhin ne fut pas inutile ; elle amena des perfectionnements importants dans la disposition et l'emploi de la machine électrique. C'est grâce aux modifications apportées par eux à la construction de cet instrument que l'on parvint bientôt à donner aux phénomènes électriques une puissance, une intensité jusque-là sans exemple.

Nous avons déjà dit que les machines électriques d'Otto de Guericke et de Hauksbée, c'est-à-dire celles qui se composaient d'un globe de soufre ou de verre, avaient été abandonnées, après Hauksbée, par les physiciens, qui s'étaient contentés d'un simple tube de verre pour développer l'action électrique. C'est un physicien allemand, Boze, professeur à Wittemberg, qui eut, vers l'année 1733, l'idée d'en revenir au globe de verre dont Hauksbée avait fait usage. Boze forma sa machine électrique au moyen d'un globe de verre creux, c'est-à-dire d'une simple bouteille sphérique. Ce globe de verre, traversé de part en part d'une tige de fer, était mis en mouvement de rotation à l'aide d'une manivelle ; la main,

bien sèche, servait à frotter le globe pour y développer l'action électrique.

Boze imagina en même temps de munir sa machine d'un conducteur de fer-blanc, qui servait à conserver et à emmagasiner le fluide électrique une fois produit par le globe. L'expérimentateur allemand n'avait pas d'abord trouvé de moyen plus commode pour isoler ce conducteur métallique, que de le faire porter sur les mains d'un homme, placé lui-même sur un gâteau de résine qui servait à l'isoler. On voit encore dans quelques ouvrages de cette époque le dessin de cette singulière machine électrique, où le corps de l'homme entre comme élément de l'appareil. On eut pourtant bientôt l'idée, toute naturelle, de suspendre le conducteur de fer-blanc à des cordons de soie fixés au plafond ; ces conducteurs, qui constituaient au réservoir d'électricité, communiquaient avec la machine par une tige métallique.

Par la construction de cette machine, le professeur de Wittemberg rendit à l'électricité un service dont on comprendra tout le prix, si l'on réfléchit que les sciences physiques ne peuvent se former et s'agrandir que par le perfectionnement des instruments qu'elles mettent en œuvre.

La machine de Boze se répandit très-promptement en Allemagne ; elle revêtit diverses formes entre les mains des physiciens. Wolfius fit construire à Leipzig, par le célèbre mécanicien Leupold, une machine qui ne différait seulement de l'appareil primitif de Hauksbée qu'en ce que le globe de verre tournait verticalement, au lieu d'être placé dans une situation horizontale.

Haüsen, professeur à Leipzig, construisit une machine peu différente de celle de Wolfius et qui se trouve représentée par la figure suivante dans un ouvrage de cette époque, *Expériences et observations sur l'électricité*, de Guillaume Watson (1). On voit dans cette machine, que Watson ap-

(1) Ces *Expériences et Observations* de Watson forment la seconde

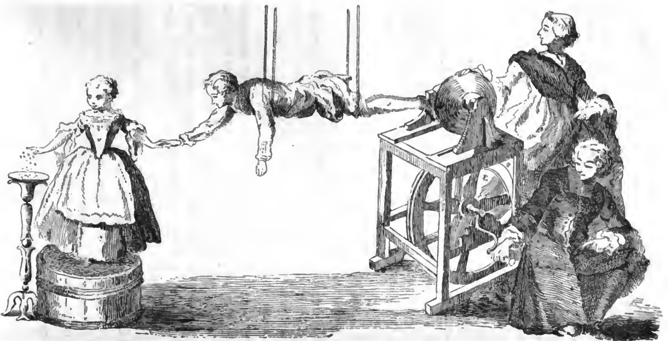


Fig. 3.

pelle *machine à électricité dans le goût de celle de M. Hauksbée, à Londres, et de M. Haüsen, à Leipzig*, un jeune clerc ou abbé tourner la roue qui imprime à un globe de verre un mouvement de rotation. Le frottement du verre contre la main développe, à la surface du globe, de l'électricité vitrée, tandis que l'électricité résineuse passe, de la main, à travers le corps de la dame, et se perd dans la terre. Un personnage suspendu en l'air par des cordes de soie qui l'isolent, joue le rôle de conducteur, selon le système primitif de Boze. L'électricité développée à la surface du globe est recueillie par ses pieds, et, le traversant tout entier, passe par l'extrémité de sa main droite dans le corps de la jeune fille, qui est placée elle-même sur un bloc de résine faisant l'office de tabouret isolant. Celle-ci, tenant le jeune homme de la main gauche, attire avec sa main droite des feuilles d'or légères, placées sur un guéridon isolant. On voit que l'électricité a passé à travers le jeune couple, comme à travers une chaîne conductrice, du globe de verre jusqu'aux feuilles d'or (1).

Watson donne encore la figure suivante, qu'il accompagne de cette légende : « *Autre machine à électricité* « *fort usitée en Hollande, et principalement à Amsterdam.* « L'homme B tourne la roue ; le globe de verre C est frotté « par la main de la personne D. EE est un tuyau de fer- « blanc, une barre de fer ou un canon de fusil qui repose « sur des cordons de soie, montés sur les guéridons ou sup- « ports F, F (fig. 4). »

Dans les figures qui précèdent, c'est toujours la main qui sert, en frottant le globe, à dégager l'électricité.

partie de la collection publiée à Paris, en 1748, sous ce titre : *Recueil de traités sur l'électricité, trad. de l'allemand et de l'anglais.* 1 vol. in-12.

(1) *Expériences et observations de Watson*, p. 138, pl. 2, fig. 1, dans le *Recueil de traités sur l'électricité, traduits de l'allemand et de l'anglais.*

Winckler, professeur de langues grecque et latine à l'université de Leipzig, modifia ces machines en substituant un coussin à la main de l'expérimentateur. Il changea aussi

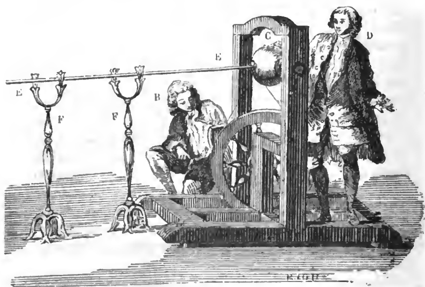


Fig. 4.

le mécanisme destiné à imprimer la rotation au globe de verre, en adoptant pour cet usage l'archet du tourneur en bois.

Winckler expose en ces termes comment il fut amené à perfectionner de cette manière la machine électrique de Boze et de Haüsen :

« Cette machine, nous dit-il, ne laisse pas d'avoir ses imperfections, car : 1° l'effet ne réussit pas si la main qu'on applique au globe électrique n'est pas bien sèche ; 2° on ne peut pas donner assez de frottement au globe, faute de pouvoir le tourner aussi rapidement qu'il serait nécessaire ; 3° il est trop fatigant de tourner la roue, surtout lorsqu'il faut accélérer et augmenter l'effet, et le continuer pendant longtemps.

« Ces réflexions m'ont fait penser à un moyen de remédier à

ces inconvénients. Je visai principalement à un expédient pour parvenir à une machine avec laquelle on puisse produire l'électricité aussi rapidement et avec aussi peu de peine qu'il soit possible. Je travaillai l'année passée à une machine pour la démonstration des forces centrales, et, comme j'avais remarqué dans mon tourneur un génie singulier pour la disposition des machines, je lui fis part de ce que je trouvais à redire à la machine de M. Haüsen. Il y avait pensé avant moi, et, après m'avoir dit qu'il connaissait une façon d'exciter une très-forte électricité sans peine et fort rapidement, il me mena devant son tour et me fit voir son art. Je pensai alors à l'œuf de *Colomb*, que personne de ceux qui regardaient la découverte du nouveau monde comme une chose très-aisée ne pouvait faire reposer sur sa pointe, car je voyais bien qu'il ne fallait pas beaucoup de science pour imiter une pareille machine à électricité (1). »

La machine employée par Winckler, et dont il donne la description, consistait en un globe de verre que l'on faisait tourner au moyen d'un archet métallique très-élastique, et qui frottait contre un coussin de crin. Grâce à l'élasticité de l'archet, on pouvait imprimer au globe de verre une vitesse de rotation de 180 tours par minute.

La substitution, faite par Winckler, d'un coussin fixe à la main de l'opérateur pour opérer la friction du globe ne fut pas universellement goûtée. On trouvait qu'en raison de sa fixité, le coussin ne se prêtait pas avec assez de souplesse aux inégalités de mouvement que présentait la rotation du globe de verre. En France particulièrement, on crut devoir rejeter l'usage des coussins, et la main, bien sèche, fut proclamée beaucoup plus efficace pour dégager l'électricité. L'abbé Nollet se montra le plus ardent à repousser la disposition nouvelle venue d'Allemagne ; l'abbé Nollet était doué d'une

(1) *Essai sur la nature, les effets et les causes de l'électricité, avec une description de deux nouvelles machines à électricité*, traduit de l'allemand de M. Winckler, professeur dans l'université de Leipzig, 1re partie du *Recueil de traités sur l'électricité, traduits de l'allemand et de l'anglais*, p. 8, 9.

main large, nerveuse et sèche, que la nature semblait avoir faite tout exprès pour exercer des frictions électriques. Mais le même motif n'existait pas chez tous les expérimentateurs, qui eurent le tort de s'associer au préjugé du physicien du collége de Navarre (1).

Dans son *Essai sur l'électricité des corps*, ouvrage qui fut publié pour la première fois en 1747, l'abbé Nollet donne les détails suivants sur la manière de construire une semblable machine. Ce passage du livre de Nollet donnera une idée exacte de l'état de la machine électrique, en France, à l'époque où nous sommes parvenus :

« Il y a environ quatorze ans, dit l'abbé Nollet, que M. Boze, professeur de physique à Wittemberg, essaya de substituer au tube un globe de verre que l'on fait tourner sur son axe et que l'on frotte en y tenant seulement les mains appliquées. En généralisant ainsi cette façon d'électriser le verre, qu'on avait bornée jusqu'alors à quelques usages particuliers, cet habile physicien a trouvé, et pour lui et pour ceux qui l'ont imité depuis, un moyen sûr, non-seulement d'opérer avec facilité, mais encore de pousser les effets beaucoup au delà de ce qu'on avait pu faire avec le tube.....

« Quant aux dimensions des globes, ils sont d'une bonne grandeur quand ils ont environ un pied de diamètre ; il vaudrait mieux qu'ils eussent quelques pouces au-dessus que quelques pouces au-dessous de cette mesure ; mais je ne crois pas qu'il fût fort avantageux de les avoir beaucoup plus gros.

« Une chose qui est bien plus essentielle, c'est une certaine épaisseur, comme d'une ligne et demie au moins et autant uniforme qu'il est possible. Outre que cette condition met le vaisseau en état de résister davantage à la pression de celui qui le frotte, il n'est pas douteux (et je m'en suis assuré par des obser-

(1) « Si quelque raison, dit l'abbé Nollet, a pu faire imaginer le coussinet, c'est la crainte que l'on a eue d'être blessé par des éclats de verre, si le globe venait à se casser lorsqu'il tourne. J'avoue que cette crainte est fondée, et l'on doit prendre des précautions pour éviter pareils accidents ; mais celle du coussinet m'a toujours rendu l'électricité si lente, et ses effets si faibles, que l'impatience m'en a pris, et que je l'ai abandonnée pour toujours. » (*Essai sur l'électricité des corps*, p. 28.)

vations bien constantes) que l'électricité d'un verre épais est sensiblement plus forte et plus durable que celle d'un verre plus mince.

« La figure sphérique n'est point absolument nécessaire, elle n'est pas même préférable à une autre forme, sinon peut-être parce qu'on la fait aisément prendre au verre en le soufflant; il est également bon que ce soit un sphéroïde allongé ou aplati, pourvu que la partie la plus élevée que l'on frotte soit assez régulièrement arrondie pour faciliter le frottement; il est même d'usage dans presque toute l'Allemagne et dans l'Italie, où l'on fait présentement ces sortes d'expériences avec succès, d'employer des vaisseaux cylindriques.

« Le globe que l'on veut électriser doit tourner entre deux pointes de fer ou d'acier, comme les ouvrages qui se font au tour; pour cet effet, il faut qu'à l'un de ses deux pôles il ait une poulie de bois dont la gorge puisse recevoir la corde d'une roue à peu près semblable à celle des cordiers ou à celle des couteliers, et qu'à l'autre pôle il soit garni d'un morceau de bois propre à recevoir la pointe du tour.....

« Ce globe, ainsi préparé, doit tourner rapidement sur son axe entre deux pointes ; il importe peu comment cela se fasse, pourvu que le mouvement de rotation soit assez fort pour vaincre le frottement des mains qui appuient sur la surface extérieure du verre et que les pointes tiennent à des piliers ou poupées assez solides pour ne pas laisser échapper le vaisseau tandis qu'on le fait tourner avec violence : ainsi, quiconque aura un tour et une roue de trois à quatre pieds de diamètre, comme on en a assez communément dans les laboratoires, n'a pas besoin de chercher autre chose.

« Au défaut de cet équipage, on pourra se servir d'une roue de coutelier, de celle d'un cordier ou même d'une vieille roue de carrosse, à laquelle on formera une gorge de bois rapporté, et l'on établira deux poupées à pointes sur un tréteau que l'on aura fixé à une muraille.

« Mais une chose qu'il ne faut point oublier, c'est que l'une des deux pointes soit une vis qui fera son écrou dans le bois même de la poupée, afin qu'on puisse serrer le globe sans frapper.

« Si l'on fait les frais d'une machine de rotation exprès pour ces sortes d'expériences, on peut lui donner telle forme et telle décoration qu'on jugera convenable; mais je trouve à propos qu'elle ait les qualités suivantes:

« 1° Qu'elle soit assez grande et assez forte pour servir à toutes sortes d'expériences de ce genre : ainsi, il serait bon que la roue eût au moins quatre pieds de diamètre, qu'elle fût portée sur un bâti bien solide, assez pesant, et qu'il y eût deux manivelles, afin qu'en employant deux hommes pour tourner en certains cas, on pût forcer les frottements du globe pour augmenter les effets. J'éprouve tous les jours qu'un seul homme ne suffit pas;

« 2° Que l'axe de la roue soit à telle hauteur que l'homme qui est appliqué à la manivelle se trouve en force et dans une situation non gênée ; cette hauteur doit être d'environ trois pieds et demi au-dessus du plancher, sur lequel la machine et l'homme sont placés;

« 3° Que la corde de la roue communique immédiatement et sans renvois avec la poulie du globe : premièrement, parce que les renvois, tels qu'ils puissent être, augmentent la résistance ; il y en a déjà assez de la part d'un globe de douze ou quatorze pouces de diamètre, dont on fait frotter l'équateur ; secondement, des poulies de renvoi font toujours beaucoup de bruit, et il y a des occasions où l'on a besoin de silence en faisant ces sortes d'épreuves ;

« 4° Que le globe soit le plus isolé qu'il sera possible, car on doit craindre que les corps voisins n'absorbent une partie de son électricité : ainsi, les poupées pour un globe d'un pied doivent avoir au moins dix pouces au-dessous des pointes ;

« 5° Que le globe soit à une hauteur convenable et se présente de manière que celui qui le doit frotter soit dans toute sa force ; il faut donc, pour bien faire, qu'il se trouve élevé de trois pieds ou environ au-dessus du plancher et qu'il tourne vis-à-vis de celui qui le frotte, en lui présentant son équateur, etc... (1). »

L'abbé Nollet donne ensuite la figure ci-dessous, représentant sa machine, et dont les détails se comprennent à la seule inspection (fig. 5).

Pour continuer cet exposé des diverses modifications qu'a reçues la machine électrique avant de prendre la forme définitive qu'elle présente aujourd'hui, nous dirons que le révérend Père Gordon, professeur de philosophie à Erfurt, substitua le premier, au globe de verre, un cylindre de

(1) *Essai sur l'électricité des corps*, p. 8, 17.

cette matière; le cylindre qu'il employa avait huit pouces de longueur et quatre de diamètre; on le faisait tourner au moyen d'un archet.

La machine de Gordon, très-simple et très-portative, se

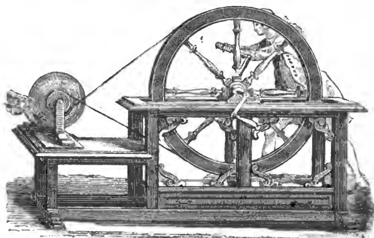


Fig. 5.

composait d'un cylindre de verre retenu entre deux calottes de bois à ses deux extrémités, et monté entre les deux poupées d'un petit tour qu'on faisait mouvoir avec un archet. Le cylindre frottait contre un coussinet, à l'imitation des machines allemandes.

Cette machine produisait des effets électriques très-intenses; elle était d'un maniement facile et suppléait très-avantageusement, par l'emploi d'un coussinet, à l'action de la main de l'opérateur; aussi fut-elle adoptée en Angleterre de préférence à celle que l'abbé Nollet préconisait en France. Seulement, comme le mécanisme employé par le père Gordon n'imprimait pas au cylindre de verre un mouvement aussi rapide, on changea le système moteur. Au lieu d'une simple roue de bois faisant tourner une corde, on

fit usage d'une roue dentée engrenant avec un pignon fixé sur l'axe du cylindre.

Mussenbroek, dans son *Cours élémentaire de physique*, donne la figure suivante (fig. 6) comme représentant une des machines électriques que construisait alors, à Londres, un fabricant d'instruments nommé Adams. Il en donne la description en ces termes :

« On a imaginé depuis peu en Angleterre une machine électrique que je trouve fort simple et que je préfère, non-seulement à celles dont je me suis servi, mais encore à toutes celles qu'on a imaginées jusqu'à présent. C'est ce qui m'engage à en donner la description.

« Dans une espèce de tambour creux A est placée une roue dentée, enarbrée sur l'axe E ; cette roue est mise en mouve-

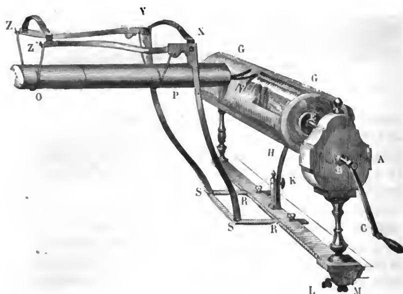


Fig. 6.

ment par une vis sans fin à trois filets, dont l'axe est saillant en B ; cet axe étant tourné circulairement par le levier BC, à

l'aide d'une manivelle, communique un mouvement de rotation très-rapide au cylindre de verre.

« Toute la machine est solidement attachée sur une table à l'aide des vis L, M; sur la base de cette machine est établi un ressort d'acier H, auquel est attaché un coussinet de cuir GG. Par le moyen de la vis K, on peut bander ou débander le ressort et par conséquent appuyer plus ou moins le coussinet contre le cylindre de verre qu'il doit frotter. Ce cylindre, étant mû circulairement et étant frotté par le coussinet GG, devient fortement électrique. Dans la base de cette machine glissent deux règles de cuivre SR, SR, qu'on fixe par des vis; sur ces deux premières règles s'élèvent deux autres règles SX, SY, qui en portent deux autres XZ, YZ, à chaque extrémité desquelles pendent des fils de soie bleue qui suspendent un tube de cuivre OP. A la partie antérieure de ce conducteur est fixé un double fil de cuivre doré, aplati à ses extrémités N; ce fil, tout faible qu'il soit, est extrêmement élastique et reçoit toute l'électricité du cylindre qu'il touche (1). »

Tibère Cavallo, dans son *Traité complet d'électricité*, a donné le dessin d'une machine construite également par Adams, et qui différait de la précédente en ce qu'elle pouvait fournir à volonté de l'électricité négative ou positive, selon que l'on faisait communiquer avec le sol les coussins ou le cylindre de verre (2). Cette disposition fut plus tard imitée par Nairne et Van Marum dans leurs belles et puissantes machines.

Ce n'est que vers l'année 1768 qu'un opticien anglais, nommé Ramsden, substitua au cylindre de verre de la machine électrique un plateau circulaire de la même substance. Ce plateau tournait à frottement entre quatre coussins de peau, rembourrés de crin et pressant contre le verre au moyen d'un ressort.

(1) *Cours de physique expérimentale et mathématique*, par Pierre Van Mussenbroek, traduit par M. Sigaud de la Fond, démonstrateur de physique expérimentale. In-4°, Paris, 1769. t. Ier, p. 353.

(2) *Traité complet d'électricité*, par M. Tibère Cavallo, traduit de l'anglais. In-8. 1785, p. 126.

Il paraît que ce qui détermina l'abandon du globe de verre pour y substituer, soit un cylindre, soit un plateau, fut un accident assez étrange qui se présentait quelquefois avec les machines à globe : il arrivait que le globe de verre éclatait subitement entre les mains de l'expérimentateur.

Les détails de quelques-unes de ces singulières explosions nous ont été conservés. Le premier accident de ce genre arriva à Lyon, le 8 février 1750, au père Béraud. Cet expérimentateur, opérant en présence de plusieurs personnes, voulait électriser un petit vase de verre vide d'air et contenant du mercure, afin de rendre ce métal lumineux par l'électricité. Pour obtenir un spectacle plus brillant, le père Béraud fit éteindre les lumières. A peine commençait-on à frotter le globe, qu'on entendit comme une sorte de déchirement ; le globe éclata avec bruit et se dissipa en petits fragments qui furent lancés dans les endroits les plus éloignés. Deux personnes furent blessées au visage par les éclats de verre.

Le père Béraud, qui lut quelques jours après à l'Académie de Lyon un mémoire sur cet accident, crut devoir l'attribuer à une fêlure que présentait le globe de verre. Il pensait que « le frottement imprime dans les plus petites « fibres du verre un mouvement de frémissement et d'os- « cillation, qui doit nécessairement agiter la matière con- « tenue dans ses pores. » Le père Béraud partait de là pour donner de ce phénomène une explication dans le goût de la physique de son temps.

Malheureusement pour l'explication du père Béraud, les globes non fêlés étaient également sujets à cette rupture spontanée. Dans la première partie de ses *Lettres sur l'électricité*, l'abbé Nollet nous apprend qu'un globe de verre avait détoné entre les mains du professeur Boze, à Wittemberg ; un autre entre celles de M. Le Cat, à Rouen ; un troisième, à Rennes, sur la machine du président de Robin ; un

quatrième, à Naples, appartenant à M. Sabatelli, et qu'un globe d'Angleterre avait eu le même sort entre ses propres mains à Paris.

Admettant que la rupture des globes pouvait être occasionnée par la dilatation que l'air contenu dans leur intérieur éprouve par suite de la chaleur développée par le frottement, on avait cru s'en garantir en perçant un trou dans le globe; mais l'expérience démontra l'inutilité de cette précaution. Sigaud de la Fond rapporte dans son ouvrage qu'en 1761 il éprouva un accident de ce genre : « Je faisais tourner, dit-« il, un globe bien conditionné, bien monté, percé vers un « de ses pôles, et qui me servait depuis plusieurs années. A « peine eut-il fait cinq ou six tours, qu'il éclata avec la plus « grande violence et que les débris s'en répandirent à une « très-grande distance dans ma salle (1). »

Ce genre d'accidents fut pour beaucoup dans la préférence que l'on accorda en France, à partir de l'année 1768, aux machines électriques dans lesquelles un plateau remplaçait le globe de verre ; car, si les glaces peuvent se fendre pendant qu'elles se chargent d'électricité, elles ne détonent point et l'on n'a pas à en redouter les éclats.

La première machine qui fut construite en Angleterre par Ramsden était faite d'un plan de glace, d'un pied seulement de diamètre, qui tournait entre quatre coussinets à l'aide d'une manivelle appliquée à son axe. On augmenta beaucoup les effets de ces machines en employant des glaces d'un plus grand diamètre.

Sigaud de la Fond, dans l'ouvrage cité plus haut, donne la description d'une *machine de Ramsden* qui avait été construite en Angleterre pour le duc de Chaulnes, et dont la glace avait cinq pieds de diamètre. Cette machine fournissait des étincelles qui, au rapport du duc de Chaulnes, se

(1) *Précis historique et expérimental des phénomènes électriques*, p. 46.

portaient jusqu'à vingt-deux pouces de distance. Il donne dans le même ouvrage la figure d'une autre machine électrique à plateau de glace, qu'il fit construire à l'imitation de celle du duc de Chaulnes.

A partir de l'année 1770, les machines à plateau de glace devinrent d'un usage général. Elles remplacèrent les appareils variés, et souvent fort coûteux, dont on avait fait usage jusqu'à cette époque en Angleterre et en Allemagne.

C'est vers la même époque que le physicien anglais Nairne, imitant l'appareil déjà employé par Tibère Cavallo à Londres, construisit la machine électrique qui porte son nom, et qui donne à volonté du fluide électrique négatif ou positif, selon que l'on fait communiquer avec le sol l'un ou l'autre de ses deux conducteurs.

La *machine de Nairne*, ou *machine à deux fluides*, que l'on

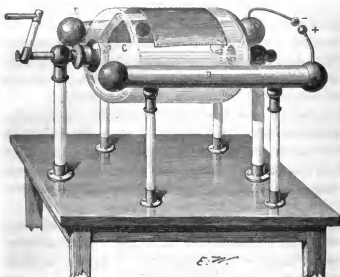


Fig. 7.

voit représentée par la figure ci-dessus (fig. 7), se compose d'un cylindre creux de verre de grande dimension, qui peut

frotter contre un large coussin C fixé au conducteur D′, et qui en occupe toute la longueur. Le conducteur D est armé de plusieurs pointes métalliques dirigées contre le cylindre de verre et perpendiculaires à sa surface. Quand on fait tourner le cylindre de verre au moyen de la manivelle, le frottement de ce cylindre contre le coussin C provoque un dégagement d'électricité, c'est-à-dire la décomposition du fluide neutre du verre. L'électricité positive reste sur le cylindre de verre, et l'électricité négative passe sur le coussin et sur le conducteur isolé D′, qui est fixé sur ce coussin. Le cylindre de verre chargé d'électricité positive agit par influence sur le fluide neutre du conducteur D, attire l'électricité négative vers les pointes et repousse l'électricité positive vers la face opposée. L'électricité négative accumulée sur ces pointes vient, en traversant l'air interposé, neutraliser le fluide positif qui existe sur le cylindre de verre, et reconstitue ainsi du fluide neutre. Quant à l'électricité positive, elle reste confinée sur le conducteur D, qui constitue de cette manière un réservoir d'électricité positive.

Si l'on fait communiquer avec le sol, au moyen d'une chaîne métallique, le conducteur D′ et le coussin, l'électricité négative s'écoule dans le sol et l'électricité positive reste accumulée sur le conducteur D : la machine fournit alors de l'électricité positive. Si l'on fait au contraire communiquer avec le sol le conducteur D, en maintenant isolés le coussin et le conducteur D′, l'électricité positive s'écoule dans le sol, et l'électricité négative reste accumulée sur le conducteur D′, et la machine donne alors de l'électricité négative. La *machine de Nairne* permet donc de conserver à volonté l'une des deux électricités développées par le frottement.

Le cylindre de verre est ordinairement recouvert, dans cette machine, d'une pièce de taffetas qui enveloppe la moitié supérieure de ce cylindre, et qui a pour effet de le pro-

léger contre l'action de l'air et d'empêcher ainsi la déperdition trop prompte d'électricité.

L'appareil que nous venons de décrire fut proposé et construit pour la première fois dans le but de servir à administrer l'électricité comme agent curatif dans le traitement des maladies (1). Il n'est devenu que plus tard un appareil de démonstration pour les cours de physique.

La machine électrique dont on fait généralement usage aujourd'hui n'est autre chose que la *machine de Ramsden*, à laquelle on n'a apporté qu'un petit nombre de changements. La figure suivante (fig. 8) représente la machine électrique actuelle, qui ne diffère, on le voit, de l'appareil primitif de l'opticien anglais qu'en ce qu'elle se compose de deux conducteurs au lieu d'un seul.

Le plateau de verre P frotte entre les deux coussins C, C'; l'électricité positive du plateau de verre agit par influence sur le fluide naturel des deux conducteurs D, D'. Ce fluide naturel est décomposé, l'électricité négative est attirée vers les pointes dont est armée l'extrémité S, S', de ces conducteurs. S'écoulant par ces pointes sous forme de petites aigrettes lumineuses, cette électricité négative vient se combiner avec l'électricité positive du plateau et ramener celui-ci à l'état naturel. Comme le frottement du plateau contre les coussins continue à développer de l'électricité positive sur ce plateau, les mêmes décompositions continuent, et la charge de l'électricité positive et la surface des conducteurs D et D' augmente de plus en plus. R est un *électroscope à cadran ;* l'écartement du petit corps placé à l'extrémité de la tige de cet électroscope indique les variations d'intensité de la charge électrique de la machine.

Les appareils à plateau ou à cylindre de verre que nous

(1) *The description and uses of Nairne's patent electrical machine, with the additions of some philosophical experiments and medical observations.* In-8, London, 1783.

venons de décrire, n'ont été employés qu'après l'année 1770, lorsque l'opticien Ramsden eut le premier adopté l'emploi

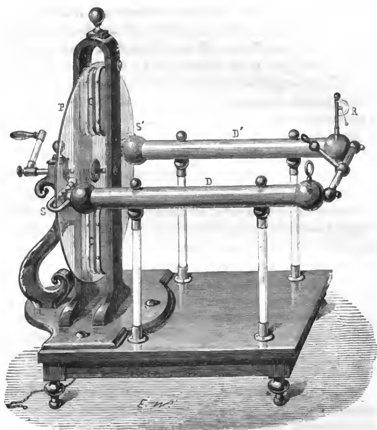


Fig. 8.

des plateaux de verre dans la construction des machines à frottement. Bien avant que ces derniers appareils fussent construits, c'est-à-dire vers l'année 1740, les physiciens allemands s'étaient efforcés de donner aux machines à globe de verre alors en usage des dispositions permettant d'augmenter l'intensité des effets électriques. Watson, en 1740,

avait employé dans ce but une machine assez curieuse, en ce qu'elle était composée de quatre globes de verre tournant à la fois.

Avec ces machines électriques composées de simples globes de verre, les physiciens anglais et allemands avaient déjà obtenu de très-puissants effets. L'étincelle donnée par ces machines suffisait pour déterminer à l'extrémité du doigt une ecchymose ou une espèce de brûlure. Gordon augmenta la force de ces étincelles au point qu'un homme ressentait la commotion de la tête aux pieds, et que de petits oiseaux en furent tués.

Les physiciens allemands observèrent que l'eau coulant d'une fontaine électrisée se dispersait en gouttes lumineuses de manière à simuler une pluie de feu. Boze parvint à faire passer l'électricité, au moyen d'un jet d'eau, d'un homme à un autre, placés tous deux sur des gâteaux de résine, à soixante pas de distance.

Nous devons encore aux physiciens allemands le spectacle de ces étoiles brillantes que fait naître l'électricité dans un disque métallique animé d'un mouvement de rotation très-rapide, et muni de pointes également distantes du centre. Un instrument généralement connu sous le nom de *carillon électrique* est aussi de l'invention des expérimentateurs d'outre-Rhin.

Mais de tous les phénomènes qui furent découverts à cette époque, celui qui inspira le plus de curiosité et frappa le plus vivement l'attention, ce fut l'inflammation, par l'étincelle électrique, des matières combustibles.

Le premier physicien qui réussit dans une expérience de ce genre fut le docteur Ludolf de Berlin, qui alluma de l'éther avec les étincelles excitées par l'approche d'un tube de verre électrisé. Ludolf fit cette expérience en public, dans la séance de rentrée de l'Académie de Berlin, au commencement de l'année 1744.

Au mois de mai suivant, Winckler, à Leipzig, obtint le même résultat ; en tirant avec le doigt une étincelle, il alluma non-seulement de l'éther, mais encore de l'eau-de-vie, de l'esprit de corne-de-cerf, et quelques autres liqueurs spiritueuses, en ayant la précaution de les chauffer légèrement pour en dégager des vapeurs qu'il était plus facile d'enflammer.

Watson, en Angleterre, répéta et étendit ces expériences. Il alluma outre l'eau-de-vie, plus ou moins concentrée, divers liquides spiritueux contenant des huiles volatiles, tels que l'*esprit de lavande, l'esprit de nitre dulcifié* (éther nitreux), l'*eau de pivoine*, l'*élixir de Dafty*, le *styptique d'Helvétius*, et diverses huiles volatiles, telles que les essences de térébenthine, de citron, d'orange, de genièvre, de sassafras, etc., Il mit aussi le feu à des matières telles que le baume de copahu et la térébenthine, qui, chauffées, dégagent des vapeurs inflammables (1).

Watson, dans son mémoire relatif à ces expériences, a donné le dessin de la machine qui lui servit à enflammer les liqueurs spiritueuses. Elle se composait de trois ou quatre globes de verre que l'on frottait simultanément au moyen de coussins fixes. Un amas de fil servait à communiquer l'électricité développée sur le verre à un tube de fer-blanc, ou à une épée suspendue à des cordons de soie qui servaient de conducteurs isolés. Dans un flacon qui était suspendu au conducteur de fer-blanc par un fil de fer, on plaçait les liquides à enflammer. D'autres fois, pour étaler ces liquides sur une plus large surface au contact de l'air, on les plaçait dans une petite capsule métallique que l'on posait à la pointe de l'épée terminant le conducteur de la machine.

La machine électrique destinée à enflammer les produits

(1) *Lettre à M. Martin Folques, président de la Société royale*, dans le *Recueil de traités sur l'électricité, traduit de l'allemand et de l'anglais*, 2e partie, p. 15 et suivantes.

peu combustibles était, comme nous venons de le dire, composée de trois ou quatre globes de verre. Mais quand on voulait enflammer des liquides plus combustibles, tels que l'éther ou l'esprit-de-vin très-rectifié, on se contentait d'une machine ordinaire à un seul globe. Watson, dans l'ouvrage cité plus haut, donne la figure ci-dessous comme représentant l'appareil dont il se servait pour cette expérience (fig. 9).

Le personnage B tourne la manivelle qui imprime au globe de verre C un mouvement de rotation. Le personnage D présente la main au globe pour déterminer, par le frottement, le dégagement de l'électricité. Le fluide électrique passe du globe de verre au canon de fusil ou à la barre de fer qui sert de conducteur, et qui est portée sur deux fils de soie tendus sur deux supports. Ce conducteur est saisi par le personnage G qui, placé sur un gâteau de résine servant à l'isoler, tient de la main droite une épée. Le fluide électrique arrive à l'extrémité de l'épée : à peine a-t-on approché de sa pointe une cuiller pleine d'esprit-de-vin, que l'étincelle jaillit, et met le feu au liquide.

C'est aussi à Watson qu'est due une expérience connue sous le nom de *danse des pantins*, qui devint célèbre plus tard lorsque Volta l'eut prise comme point de comparaison dans l'explication théorique qu'il donna de la formation de la grêle. Watson a donné dans le même mémoire une figure représentant la manière de produire ce phénomène.

Un petit garçon isolé au moyen d'un gâteau de résine, sur lequel il est placé, saisit de la main gauche le conducteur de fer-blanc d'une machine électrique à globe de verre tournant. De la main droite, il tient un plat ou une simple plaque métallique sur lequel on a placé des corps légers, tels que des fragments de verre pilé, de petites balles de sureau, du fil de fer très-mince, etc. Un second personnage, non isolé, approche peu à peu du plat métallique

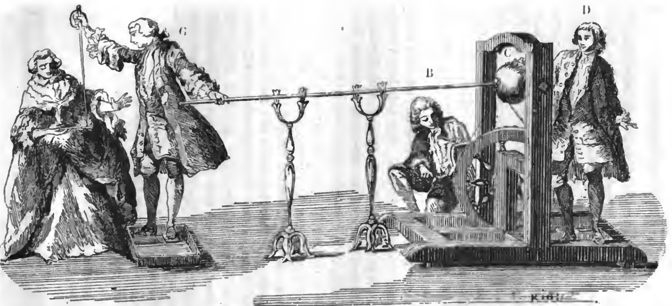


Fig. 9.

que tient le petit garçon, un autre plat semblable. Lorsque les deux plats sont arrivés à une assez faible distance, les corps légers attirés s'élancent du plat inférieur vers le plat supérieur, avec émission d'étincelles. Une fois en contact avec le plat supérieur, ils perdent leur électricité, qui s'écoule dans le sol par le corps du personnage qui tient le plat métallique. Dès lors, n'étant plus retenus sur ce plat supérieur par l'attraction électrique, ils retombent sur le plat inférieur, où, recevant de nouveau de l'électricité par la machine, ils sont de nouveau attirés, de telle manière que cette succession de mouvements continue tant que la machine est en action (1).

Les expériences que nous venons de rapporter étaient sans doute attrayantes et curieuses, elles attiraient vivement l'attention des physiciens de cette époque. Mais tous ces spectacles n'avaient guère qu'un intérêt de curiosité. La théorie pour l'explication des phénomènes électriques n'en recevait aucun éclaircissement, et si l'on en excepte le grand principe établi par Dufay, la science n'avait encore rencontré dans cette direction aucune acquisition importante. Quelques essais, pour la construction des machines électriques, quelques remarques sur les propriétés calorifiques et lumineuses de l'étincelle électrique, quelques observations sur les circonstances les plus favorables au développement de l'électricité, voilà tout ce que cette science avait acquis depuis son origine jusqu'à l'année 1746. Les physiciens ne se méprenaient point d'ailleurs sur cet état d'imperfection de la science encore à ses débuts. C'est ce que Watson exprimait à cette époque par ces belles paroles :

« Si l'on me demande quelle peut être l'utilité des effets électriques, je ne puis répondre autre chose, sinon que, jus-

(1) Watson, *Expériences et observations sur l'électricité*, 2e partie du *Recueil de traités sur l'électricité, traduits de l'allemand et de l'anglais.*

qu'à présent, nous ne sommes pas encore avancés dans nos découvertes au point de pouvoir les rendre utiles au genre humain. Dans quelque partie que ce soit de la physique, on ne parvient à la perfection que par des gradations bien lentes. C'est à nous d'aller toujours en avant et de laisser le reste à cette Providence qui n'a rien créé en vain (1). »

Mais l'année 1746 approchait, et grâce à la découverte de la *bouteille de Leyde*, des horizons tout nouveaux devaient s'ouvrir pour la science électrique.

CHAPITRE IV

Expérience de Mussenbroek à Leyde. — Allaman. — Winckler. — Nollet répète à Paris l'expérience de Leyde. — Commotion électrique donnée à Versailles, en présence du roi, à une compagnie de gardes-françaises. — Répétition de cette expérience au couvent des Chartreux. — Popularité de la bouteille de Leyde. — La bouteille d'Ingenhousz et la *canne à surprises*. — La bouteille de Leyde au collége d'Harcourt.

Les physiciens du dernier siècle n'ont pas été unanimes pour attribuer à Mussenbroek le mérite d'avoir exécuté le premier l'*expérience de Leyde*. On a dit tour à tour que Cuneus, riche bourgeois de Leyde et amateur des sciences, Allaman, physicien de la même ville, Kleist, chanoine de la cathédrale de Commin, auraient exécuté les premiers cette expérience mémorable. On l'a encore revendiquée en faveur du père de Mussenbroek, médecin d'Amsterdam, qui l'aurait communiquée et dont il aurait bien voulu abandonner l'honneur à son fils, le professeur de Leyde. Mais toutes ces divergences disparaissent devant le récit circonstancié

(1) *Recueil de traités sur l'électricité*, 2e partie, préface des *Expériences et observations de Watson*, p. 8.

donné de cette découverte par Priestley, contemporain de ces divers savants (1). Il résulte de son récit que, lorsque Mussenbroek observa, par l'effet du hasard, ce fait extraordinaire, il était entouré de diverses personnes qui prenaient part ou assistaient à ses expériences. Parmi elles se trouvaient sans doute Cuneus et Allaman, qui furent d'après cela simples spectateurs, et non les véritables auteurs de l'expérience.

Quoi qu'il en soit, voici par quelles circonstances on fut conduit à la découverte de la *bouteille de Leyde*. Considérant que les corps électrisés, quand ils sont exposés librement à l'air, y perdent promptement leur état électrique, par suite de la conductibilité de l'air, Mussenbroek pensa que si un corps électrisé était entouré de tous côtés par des corps non conducteurs, il pourrait recevoir une plus grande quantité d'électricité et la conserver plus longtemps. Le verre étant le corps non conducteur, et l'eau le corps électrique le plus convenable pour cet effet, Mussenbroek et ses amis essayèrent d'électriser de l'eau contenue dans un vase de verre. On n'observa d'abord rien de remarquable dans cette expérience ; quand on jugea l'eau suffisamment électrisée, on se disposa à retirer le vase de verre qui communiquait avec le conducteur de la machine électrique au moyen d'un fil de fer plongeant dans l'eau. Mais au moment où l'un des opérateurs, tenant d'une main le vase de verre, vint à approcher l'autre main du conducteur, afin de le séparer de la machine, il se sentit aussitôt frappé d'un coup terrible à la poitrine et sur les bras.

Il est curieux de lire, dans les récits qui ont été donnés de cette expérience, la description des effets que produisit la commotion électrique sur les personnes qui furent les premières à l'éprouver. Sans nul doute, la surprise et l'émotion

(1) *Histoire de l'électricité*, traduite de l'anglais de Joseph Priestley. Paris, 1771, t. I, p. 150.

ajoutèrent beaucoup aux impressions ressenties dans cette circonstance par les premiers expérimentateurs, car les personnes qui se soumirent après eux à la même épreuve furent loin de ressentir les mêmes effets. Mussenbroek, qui fit le premier cette expérience avec un vase de verre de médiocre capacité, et qui n'avait pu accumuler par conséquent de grandes proportions de fluide, ressentit une si terrible impression, qu'il se crut mort; il déclara qu'il ne s'exposerait pas une seconde fois au même choc quand on lui offrirait la couronne de France.

Le physicien de Leyde a donné les détails de cette expérience célèbre dans une lettre qu'il adressa à Réaumur le 20 avril 1746, et dont voici le contenu, traduit du latin:

« Je veux vous communiquer, écrit Mussenbroek, une expérience nouvelle, mais terrible, que je vous conseille de ne point tenter vous-même.

« Je faisais quelques recherches sur la force de l'électricité. Pour cet effet, j'avais suspendu à deux fils de soie bleue un canon de fer AB qui recevait par communication l'électricité d'un globe de verre que l'on faisait tourner rapidement sur son axe pendant qu'on le frottait en y appliquant les mains; à l'autre extrémité B pendait librement un fil de laiton dont le bout était plongé dans un vase de verre D rond, en partie plein d'eau, que je tenais dans ma main droite, et avec l'autre main E j'essayais de tirer des étincelles du canon de fer électrisé. Tout d'un coup ma main droite fut frappée avec tant de violence, que j'eus tout le corps ébranlé comme d'un coup de foudre; le vaisseau, quoique fait d'un verre mince, ne se casse point ordinairement, et la main n'est point déplacée par cette commotion; mais le bras et tout le corps sont affectés d'une manière terrible que je ne puis exprimer; en un mot, je croyais que c'était fait de moi. Mais voici des choses bien singulières: quand on fait cette expérience avec un verre d'Angleterre, l'effet est nul ou presque nul; il faut que le verre soit d'Allemagne, il ne suffirait pas même qu'il fût de Hollande; il est égal qu'il soit arrondi en forme de sphère ou de toute

autre figure ; on peut employer un gobelet ordinaire, grand ou petit, épais ou mince, profond ou non ; mais ce qui est absolument nécessaire, c'est que ce soit du verre d'Allemagne ou de Bohême : celui qui m'a pensé donner la mort était d'un verre blanc et mince, et de cinq pouces de diamètre. La personne qui fait l'expérience peut être placée simplement sur le plancher ; mais il faut que ce soit la même qui tienne d'une main vase le D, et qui, de l'autre main, excite l'étincelle ; l'effet est bien peu considérable si cela se fait par deux personnes séparées. Si l'on place le vase D sur un support de métal porté sur une table de bois, en touchant ce métal seulement du bout du doigt et tirant l'étincelle avec l'autre main, on ressent encore un très-grand coup (1).

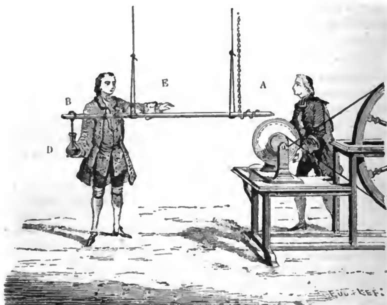


Fig. 10.

Allaman, qui avait assisté à l'expérience de Mussenbroek, ayant voulu la répéter, ressentit une impression tout aussi

(1) *Mémoires de mathématique et de physique de l'Académie royale des sciences de Paris pour* 1746, p. 2.

forte, bien qu'il ne se fût servi que d'un verre à bière rempli d'eau, vase d'une capacité nécessairement médiocre. En communiquant ce résultat à l'abbé Nollet : « Vous ressentirez, lui dit-il, un coup prodigieux, qui frappera tout « votre bras, et même tout votre corps : c'est un coup de « foudre. La première fois que j'en fis l'épreuve, j'en fus « étourdi au point que je perdis pour quelque moment la « respiration (1). »

Ces récits sont encore dépassés par celui que donna le professeur Winckler des sensations qu'il éprouva en répétant cette expérience. Winckler assure que, lorsqu'il se soumit pour la première fois à la commotion électrique, il fut pris de convulsions dans tout le corps. Il se sentait la tête aussi pesante que s'il eût porté une pierre dessus, et il eut le sang tellement agité, qu'il craignit d'être attaqué d'une fièvre chaude. Il ajoute qu'il se crut obligé, pour la prévenir, « d'avoir recours à des remèdes rafraîchissants. »

Il paraîtra surprenant sans doute, qu'après avoir été tant maltraité, notre électricien ait eu le courage de revenir à la charge, et de s'exposer de nouveau à une si rude secousse. Mais où n'entraîne pas l'insatiable curiosité du savant ? Winckler répéta encore ce périlleux essai, qui lui occasionna deux fois une hémorrhagie nasale.

La femme du professeur, qui, sans doute, avait reçu tout à la fois en partage et la curiosité de son sexe et le courage du nôtre, voulut aussi s'exposer au choc électrique. Elle en fut si violemment frappée, qu'elle demeura huit jours ayant à peine la force de se mouvoir. Au bout de ce temps, la curiosité l'emportant sur la crainte, elle brava un deuxième choc, qui ne lui occasionna cette fois qu'un saignement de nez, touchante identité de symptômes avec ceux que venait d'éprouver son docte époux.

(1) *Mémoires de mathématique et de physique de l'Académie royale des sciences de Paris pour* 1746, p. 3.

A peine les physiciens de Paris furent-ils instruits de l'étonnant phénomène qui venait de se révéler en Allemagne, qu'ils se mirent en devoir de le reproduire. L'abbé Nollet répéta le premier l'expérience de Leyde. Une seule circonstance arrêtait l'impatience de ce physicien. Comme on l'a vu dans sa lettre rapportée plus haut, Mussenbroek, en décrivant son expérience, recommandait expressément d'employer une bouteille de verre d'Allemagne et non d'ailleurs. Or, il n'était pas facile de se procurer à Paris, du jour au lendemain, du verre d'Allemagne; celui de Hollande même était proscrit par Mussenbroek. En désespoir de cause, Nollet se décida à essayer l'expérience avec du verre ordinaire de France, c'est-à-dire avec un simple flacon de son laboratoire. Toutefois, d'après l'assertion de Mussenbroek, il comptait peu sur le résultat, et il n'opérait que par manière d'acquit. Mais le vase dont il faisait si peu de cas le servit, on peut le dire, fort au delà de ses désirs, si bien que notre expérimentateur eût peut-être souhaité que le verre de France fût un peu moins propre à l'expérience de Leyde. Il éprouva en effet un choc des plus violents :

« Je ressentis, nous dit-il, jusque dans la poitrine et dans les entrailles une commotion qui me fit involontairement plier le corps et ouvrir la bouche, comme il arrive dans les accidents où la respiration est coupée ; le doigt index de ma main droite, qui tirait l'étincelle, reçut un choc ou une piqûre très-violente ; mon bras gauche fut secoué et repoussé de haut en bas, au point de me faire quitter le vase à demi plein d'eau que je tenais (1). »

D'où provenait donc l'erreur de Mussenbroek sur la qualité de verre qui convenait à son expérience? Tout simplement de ce qu'il avait opéré avec un vase d'Allemagne bien sec, tandis que les vases de France dont il s'était servi pour

(1) *Mémoires de l'Académie royale des sciences pour* 1746, p. 4.

reproduire l'expérience étaient humides à l'extérieur, la présence de l'eau sur la paroi externe des vases de verre étant, comme on le reconnut plus tard, un obstacle à la réalisation du phénomène.

Quand le résultat de l'expérience de Nollet fut connu dans la capitale, il y excita un intérêt et une curiosité extraordinaires. On se rendit en foule chez le complaisant physicien du collége de Navarre ; des personnes de tout sexe et de tout rang imploraient la faveur d'être soumises à la commotion électrique. Les terreurs que les premiers électriciens avaient éprouvées au sujet de cette expérience étaient alors singulièrement oubliées ; on tournait en ridicule les frayeurs de Mussenbroek, et l'on opposait à la pusillanimité du physicien de Leyde les nobles et courageux sentiments du professeur Boze, de Wittemberg, qui avait dit avec un héroïsme philosophique : « Je ne regretterais point de mourir d'une « commotion électrique, puisque le récit de ma mort fournirait le sujet d'un article aux *Mémoires de l'Académie « royale des sciences de Paris.* »

Comme le nombre des personnes empressées de recevoir la commotion de la bouteille de Leyde augmentait tous les jours, et qu'on ne pouvait suffire à satisfaire les désirs de tant d'amateurs empressés, l'abbé Nollet eut l'idée de faire ressentir le choc électrique à un grand nombre d'individus à la fois. Il disposa donc en une chaîne continue un certain nombre de personnes, se tenant chacune par la main, et pouvant, de cette manière, recevoir successivement la décharge de la bouteille électrisée. Après avoir préludé par des essais convenables à cette singulière expérience, Nollet l'exécuta solennellement à Versailles, devant le roi et la cour.

Une compagnie des gardes-françaises, formée de deux cent quarante soldats, qui se tenaient par la main, fut rangée dans la cour du château : l'abbé Nollet se plaça à l'un des bouts de la chaîne : l'un des soldats, à l'autre bout, tenait à

la main la bouteille pleine d'eau électrisée. Quand l'abbé vint à toucher de sa main le fil de fer plongeant dans la bouteille, et à établir de cette manière la communication entre les surfaces interne et externe du vase, aussitôt la commotion se fit sentir dans toute l'étendue de la chaîne : toute la compagnie des gardes-françaises tressaillit et sauta en même temps.

Quelques jours après, l'abbé Nollet répéta l'expérience dans le couvent des Chartreux. Il fit ranger toute la communauté en une chaîne qui occupait une étendue de neuf cents toises, car chacun des acteurs de cette nouvelle scène communiquait avec son voisin au moyen d'un fil de fer d'une certaine longueur tenu dans la main. Dès que le courant fut établi, la commotion électrique fut ressentie au même instant par tous les membres de la respectable congrégation, qui n'avaient peut-être pas l'habitude d'une telle unanimité d'impression.

Poursuivant ensuite les mêmes expériences *in animâ vili*, l'abbé Nollet frappa de la charge électrique des oiseaux et des poissons. Les poissons furent tués dans l'élément liquide. Un moineau et un bruant, les premiers oiseaux qui aient reçu la commotion électrique, furent étourdis au premier coup. A une seconde décharge, le moineau périt, le bruant résista. Quand on examina le corps du moineau, on crut remarquer que toutes les veines du petit cadavre étaient crevées. Le fait ne parut pas néanmoins établi d'une manière suffisante, et il s'éleva parmi les anatomistes et les physiciens de longues discussions sur ces veines de l'oiseau crevées ou intactes ; on discuta toute une semaine sur ce grand sujet. Époque heureuse et naïve où la science préoccupait assez les esprits pour faire disserter pendant huit jours sur l'état des veines d'un moineau (1) !

(1) *Abrégé des Transactions philosophiques*, vol. X, p. 336 (texte anglais). — *Mémoires de mathématique et de physique de l'Académie des sciences pour* 1746, p. 22.

L'intérêt et la curiosité qu'excitait à Paris l'expérience de la commotion électrique se propagèrent bientôt dans l'Europe entière. Ce divertissement d'un nouveau genre resta à la mode un grand nombre d'années. Pendant que les savants colportaient dans les salons la bouteille de Leyde, les bateleurs la promenaient dans les rues. Des physiciens improvisés allaient, de ville en ville, montrer le spectacle de ce singulier phénomène.

On avait simplifié, pour le rendre portatif, l'appareil qui servait à exécuter l'expérience. On vendait, sous le nom de *bouteille d'Ingenhousz*, un instrument qui réunissait tout à la fois la bouteille de Leyde et la machine électrique nécessaire pour la charger. Réduite à de petites dimensions, la bouteille se renfermait dans un étui. Quant à la machine électrique, elle se composait tout simplement d'un morceau de peau de lièvre et d'un ruban de soie recouvert d'un vernis résineux. En frottant le ruban de taffetas verni avec la peau de lièvre, on y développait de l'électricité ; promenant ensuite le bouton métallique sur la garniture intérieure de la bouteille, on chargeait cette dernière d'une quantité de fluide électrique suffisante pour exciter une commotion.

On vendait aussi, sous le nom de *canne électrique*, un véritable instrument à surprises : c'était un tube de verre rempli à l'intérieur d'une substance conductrice de l'électricité et enveloppé presque jusqu'à son extrémité supérieure d'un tube de fer-blanc ; le tout était peint, au dehors, d'une couleur de bois, de manière à simuler une canne ordinaire. Après avoir électrisé, au moyen du ruban et de la peau de lièvre, cette bouteille de Leyde dissimulée, on l'offrait à la personne à laquelle on voulait occasionner la surprise. Quand cette personne, sans défiance, saisissait la canne par la pomme qu'on lui présentait, sa main, se trouvant à la fois en contact avec le tube de verre extérieur et la garniture métallique intérieure, réunissait les deux surfaces interne et

externe de l'instrument, et elle recevait ainsi, à l'improviste, la commotion électrique. C'était, on le voit, une variante scientifique de la *manière de s'amuser en société sans se fâcher.*

Pendant cette diffusion banale des nouvelles découvertes de la physique, bien des accidents singuliers durent être observés, et il est à regretter que les mémoires du temps n'en aient pas retenu un plus ample souvenir.

Parmi les événements bizarres auxquels donnèrent lieu les expériences faites dans le public avec la bouteille de Leyde, on nous permettra de citer le suivant, bien que d'une époque un peu postérieure à l'année 1747, à laquelle se rapporte ce qui précède. C'est le physicien Sigaud de la Fond qui la raconte dans son ouvrage sur l'électricité.

Sigaud de la Fond était professeur au collége d'Harcourt, à Paris, aujourd'hui le lycée Saint-Louis. En répétant l'expérience de la chaîne électrique sur les élèves de sa classe, composée de soixante jeunes gens, il remarqua que, bien que la bouteille fût assez fortement électrisée, la commotion ne se fit sentir que jusqu'à une demi-douzaine de personnes. Il rechargea la bouteille et répéta de nouveau l'expérience, mais le résultat fut encore le même : l'électricité s'arrêtait toujours à la sixième personne du côté de celui qui tirait l'étincelle. Tout le monde s'en prit alors au jeune homme placé à ce rang de la chaîne, et qui semblait mettre obstacle à la propagation du fluide ; on l'accusa d'être la cause de l'insuccès de l'expérience. On soupçonnait depuis longtemps ce jeune élève, nous dit Sigaud de la Fond, « de n'être pas pourvu de « tout ce qui constitue le caractère distinctif de l'homme. » Il se fit à ce sujet un si grand tumulte, que force fut d'abandonner l'expérience et de renvoyer les jeunes gens dans leurs salles.

Quelques jours après, Sigaud de la Fond, dans le cours de physique qu'il faisait publiquement à Paris, se hasarda à mettre en avant cette hypothèse, que l'électricité n'a aucune

action sur les personnes que la nature a maléficiées dans le sens du jeune homme dont il vient d'être question. Sigaud de la Fond, à ce qu'il nous assure, énonçait cette idée, non comme un fait réel, mais comme un simple soupçon à vérifier. Toutefois, ce bruit se répandit bientôt dans Paris, et la renommée, qui ne sait pas tenir compte des réserves des savants, publia partout la curieuse remarque de notre physicien. Il se trouva alors des gens bien informés qui prétendirent, à l'appui de cette observation, que le même fait avait été constaté sur un célèbre chanteur italien, dont l'état n'était point équivoque, et que la nature dédommageait, par une voix ravissante, du triste état où l'art l'avait réduit.

Le duc de Chartres (depuis duc d'Orléans), informé de ces rumeurs, résolut de s'assurer du fait par lui-même. Il se rend aussitôt chez Sigaud de la Fond, et lui témoigne son désir de voir procéder sans retard à une expérience décisive sous ce rapport. Le physicien essaye en vain de résister au vœu du prince. Toute observation étant inutile, il dut se rendre sur-le-champ, muni de ses appareils, au Palais-Royal, où il trouva plusieurs savants que l'on avait invités dès la veille à être témoins de l'expérience. Trois musiciens de la chapelle du roi, dont la situation physique était connue, devaient être les sujets de cette épreuve.

On forma donc une chaîne composée de vingt personnes, le duc de Chartres en tête d'un côté, et de l'autre le physicien. Mais nos trois sujets n'interceptèrent aucunement le passage du fluide, ni de la commotion électrique. Ils parurent même plus sensibles à son impression que les autres personnes qui l'éprouvèrent avec eux. Cet excès de sensibilité provenait sans doute de la surprise que dut occasionner aux trois virtuoses un mouvement qu'ils n'avaient jamais ressenti, car ils étaient restés jusque-là sans aucune idée de l'électricité.

Une expérience aussi concluante semblait devoir terminer

cette singulière discussion. Mais il se trouva de grands raisonneurs qui prétendirent qu'il fallait poser une distinction entre les personnes mutilées par l'art, et celles envers lesquelles la nature seule s'était montrée marâtre, de sorte que, les premières pouvant demeurer sensibles à l'électricité, il était bien possible que les secondes fussent impropres à éprouver son action. Comme il était difficile de se procurer un sujet qui se trouvât positivement dans le cas exigé, et qui voulût se prêter à l'expérience, la discussion reprit de plus belle sur ce thème engageant. Ce ne fut qu'au bout de six mois que tout finit par s'expliquer. Sigaud de la Fond reconnut, un peu tard sans doute, mais enfin il reconnut que, dans la partie de la cour du collége où l'expérience avait été faite, et à la place même qu'avait occupée le jeune homme suspecté, l'humidité du sol était considérable, et avait suffi sans doute pour détourner le courant électrique. En effet, la même expérience, répétée en cet endroit, échouait toujours, quelle que fût la personne occupant cette place; la commotion se faisait au contraire parfaitement sentir quand on faisait monter les élèves sur les bancs. Ainsi tout fut expliqué, justice fut rendue à l'élève incriminé, et en attendant qu'ils fussent proclamés égaux devant la loi, tous les hommes furent reconnus les mêmes devant l'électricité.

CHAPITRE V

Expériences pour mesurer la vitesse de transport de l'électricité et de la commotion électrique. — Essais de Lemonnier en France. — Expériences des physiciens anglais. — Modifications apportées à la bouteille de Leyde. — Expériences diverses de l'abbé Nollet. — Bévis change la disposition de cet appareil et lui donne sa forme actuelle.

Reprenons la suite des expériences qui furent exécutées en France, en 1747, avec la bouteille de Leyde. L'instanta-

néité de la commotion électrique, et par conséquent l'étonnante vitesse du fluide, était le phénomène qui avait frappé le plus vivement les esprits. Des expériences furent donc entreprises, à cette époque, pour essayer de mesurer la vitesse de transport de l'agent physique qui occasionne ces effets. Lemonnier, de l'Académie des sciences, fut l'auteur des premières recherches entreprises dans ce but. Dirigées avec beaucoup de sagacité, elles mirent en évidence la prodigieuse vitesse avec laquelle le fluide électrique se transporte d'un point à un autre.

Lemonnier commença par répéter les expériences de l'abbé Nollet sur la transmission du choc électrique à travers une chaîne composée d'un grand nombre de personnes, mais il les varia et les étendit singulièrement.

Dans ses premiers essais, Lemonnier forma un cercle de personnes qui, au lieu de se tenir immédiatement par la main, se joignaient par des chaînes de fer, longues de trois ou quatre toises. Quelques-unes de ces chaînes traînaient à terre, d'autres plongeaient dans l'eau d'un baquet, d'autres enfin étaient enroulées autour de quelques grosses pièces de fer. En appliquant les conducteurs de la bouteille aux deux extrémités de cette espèce de cercle, toutes les personnes ressentirent le choc électrique sans que le fluide parût aucunement détourné par le sol ni par l'eau.

Lemonnier répéta la même expérience en employant, au lieu de chaînes, un fil de fer long de près d'une lieue. Une partie de ce fil de fer traversait un pré, dont l'herbe était mouillée par la rosée ; une autre était portée sur une palissade de charmille et s'enroulait autour de plusieurs arbres ; enfin une partie assez considérable traînait dans une terre nouvellement labourée : malgré tous ces obstacles, l'électricité passa le long du fil de fer, et excita une commotion violente dans les bras d'une personne placée à l'extrémité de la chaîne.

« Voyant, dit Lemonnier, que l'électricité passait avec tant de liberté au travers des hommes et des métaux, lors même qu'ils n'étaient pas portés sur des corps électriques de leur nature, je crus qu'il serait fort possible d'électriser aussi une grande masse d'eau. J'en fis d'abord l'expérience dans un baquet, que je remplis entièrement; je pris de la main droite une bouteille bien électrisée, dont j'avais eu soin de recourber le fil de fer; je plongeai le doigt de la main gauche dans l'eau du baquet, et je plongeai ensuite l'extrémité recourbée du fil de fer précisément vis-à-vis de l'endroit où j'avais le doigt de la main gauche. Je pris garde à ce que ni mon doigt ni le fil de fer ne touchassent pas au bord du baquet; aussitôt je ressentis le coup dans les bras et dans la poitrine, comme dans l'expérience de Leyde.

« J'ai répété ensuite cette expérience sur le bassin du Jardin du Roi et sur celui des Tuileries. J'étendis par terre une chaîne de fer le long de la demi-circonférence de ces bassins, et je pris garde à ce que cette chaîne ne trempât pas dans l'eau. Proche d'une de ses extrémités, je fis flotter une broche de fer fixée verticalement à un large morceau de liége, de manière que cette broche, traversant le liége, s'enfonçait d'un pouce ou deux au-dessous de la superficie de l'eau; un observateur se plaça à l'autre extrémité de la chaîne, la prit dans sa main gauche et plongea la main droite dans l'eau; je pris aussi d'une main l'autre extrémité de la chaîne et une bouteille électrisée de l'autre; je l'approchai de la broche de fer qui flottait sur l'eau: aussitôt l'électricité passa au travers de l'eau du bassin, et nous ressentîmes chacun un coup dans les deux bras.

« Quoique cette expérience n'eût rien qui ne s'accordât à merveille avec la petite théorie de la ligne qui unit le fil de fer et le corps de la bouteille, j'avoue que j'eus de la peine à croire que cette masse d'eau fût réellement devenue électrique; je croyais plutôt que la commotion que nous avions ressentie venait de ce que notre propre électricité se perdait dans l'eau, comme celle d'un homme qui est porté sur des gâteaux de résine se perd lorsqu'on fait sortir des étincelles de son corps, sans que celui qui les tire devienne pour cela électrique; mais l'expérience suivante que j'ai faite exprès pour m'en éclaircir ne me permit pas de douter que l'eau du bassin n'eût réellement reçu et transmis l'électricité.

« Je pris deux baquets pleins d'eau, que j'éloignai l'un de

l'autre d'environ 4 pieds ; je fis mettre entre deux une personne qui plongeait une main dans chacun des baquets. Je mis aussi un doigt dans l'un, et je présentai le fil d'une bouteille électrisée à un morceau de fer qui nageait sur un liége dans l'autre baquet; aussitôt il se fit une explosion, et la personne qui avait les deux mains plongées dans l'eau ressentit la commotion dans les coudes comme à l'ordinaire. Or, puisque cette personne a ressenti la commotion, il est évident que l'eau a réellement été électrisée, et partant que l'électricité a aussi pássé, au travers de l'eau du bassin des Tuileries, dans l'expérience que j'ai rapportée tout à l'heure.

« Il est donc constant que la matière électrique qui s'élance de la bouteille passe très-librement au travers des corps non électriques, même sans qu'ils soient portés sur ceux qui ont cette propriété de leur nature, et qu'elle se manifeste dans ces corps d'une manière très-sensible (1). »

Lemonnier essaya ensuite d'estimer la vitesse de propagation du fluide électrique. A l'aide d'excellentes montres à secondes, il s'efforça de reconnaître si l'on pouvait saisir un intervalle de temps appréciable entre le moment de la décharge d'une bouteille de Leyde et celui de la commotion éprouvée par des personnes placées à une grande distance de l'appareil. Ses premières expériences avec une montre à secondes eurent lieu au Jardin des Plantes, au moyen de fils de fer d'une longueur de 200 et de 450 toises qui faisaient le tour des deux grandes allées du jardin. Mais Lemonnier ne put obtenir, en opérant ainsi, des résultats satisfaisants. Bien que l'électricité lui semblât avoir franchi la longueur des fils dans l'intervalle d'une seconde, il hésitait, avec raison, à accorder confiance à ce chiffre, qu'il n'avait obtenu qu'un certain nombre de fois dans dix-sept expériences consécutives. Il résolut donc de continuer les mêmes recherches avec un fil de fer beaucoup plus long, et en suivant une méthode plus exacte que celle de l'emploi des montres.

(1) *Mémoires de mathématiques et de physique de l'Académie royale des sciences de Paris pour* 1746, p. 450-452.

Dans un vaste enclos qui appartenait au couvent des Chartreux, Lemonnier disposa deux fils de fer parallèles, longs chacun de 950 toises et distants entre eux de quelques pieds. Ces deux fils faisaient le tour de l'enclos et revenaient à leur point de départ, de telle sorte que leurs extrémités venaient aboutir à l'endroit même où se trouvait placée la bouteille de Leyde. Un observateur, placé en ce point, tenait dans chaque main une des extrémités de ce fil conducteur, et il établissait ainsi, à l'aide de son corps, une communication au moyen de laquelle pouvait se faire la décharge de la bouteille. Placé de cette manière, cet observateur pouvait voir à son aise l'étincelle, qui partait de la bouteille au moment où un autre opérateur déchargeait cette bouteille en l'approchant du point de départ du double fil conducteur qui parcourait l'enclos; il pouvait donc juger si le coup qu'il ressentait dans les bras venait après l'explosion de l'étincelle ou en même temps.

Tout étant préparé de cette manière, Lemonnier prit dans sa main droite la bouteille, et de sa main gauche, il approcha peu à peu de l'extrémité de ce fil la bouteille de Leyde électrisée. Quand l'étincelle partit, l'observateur placé à l'extrémité du conducteur ressentit la commotion au moment même où il vit briller la lueur de cette étincelle (1).

Ayant répété l'expérience en tenant lui-même les deux fils, et faisant décharger la bouteille par son aide, Lemonnier obtint les mêmes résultats. Il la fit répéter aussi par un grand nombre d'autres personnes, et chacun tomba d'accord que l'on ne pouvait saisir aucun intervalle appréciable entre la lumière et le coup, et que par conséquent l'électricité parcourait sans une succession reconnaissable un espace de 950 toises, c'est-à-dire près d'une demi-lieue. « Il aurait « été facile d'observer, dit Lemonnier, un quart de seconde

(1) *Mémoires de mathématiques et de physique de l'Académie royale des sciences de Paris pour* 1746, p. 456-457.

« s'il y avait eu cet intervalle entre la lumière et le coup ;
« d'où il résulte que la vitesse de la matière électrique,
« lorsqu'elle parcourt un fil de fer, est au moins trente fois
« plus grande que celle du son (1). »

En ne concluant rien au delà des résultats fournis par l'expérience, Lemonnier restait fidèle aux principes rigoureux qui doivent guider dans les sciences d'observation ; mais il n'était pas difficile de prévoir que les mêmes essais, exécutés sur des distances plus considérables, donneraient une idée bien plus élevée encore de la vitesse de transport de l'électricité.

Les observations qui venaient d'être faites en France pour la première fois, concernant la rapidité de propagation du fluide électrique, furent continuées par les physiciens anglais, qui les poussèrent jusqu'à de très-grandes distances : ces recherches eurent beaucoup d'éclat et même de majesté.

Plusieurs membres de la Société royale de Londres, entre autre Martin Folckes, qui en était alors président, Cavendish et Bevis, se réunirent pour procéder à ces recherches, dont la direction fut confiée à Watson.

Les premiers essais qui furent exécutés les 14 et 18 juillet 1747, eurent pour but de transporter le courant électrique à travers la Tamise, en employant l'eau de ce fleuve comme une partie de la chaîne conductrice. A cet effet, on plaça près du pont de Westminster une bouteille de Leyde chargée ; un fil de fer communiquait avec la garniture intérieure de cette bouteille ; l'extrémité libre de ce fil conducteur attaché à la bouteille était tenue dans la main d'un observateur qui, placé au bord de la rivière, tenait de l'autre main une baguette de fer. Cet observateur trempa sa baguette de fer dans la rivière, pendant qu'un autre, placé en regard de l'autre côté de l'eau, trempait pareillement sa baguette dans

(1) *Mémoires de mathématiques et de physique de l'Académie royale des sciences de Paris pour* 1746, p. 457.

la rivière d'une main, et tenait de l'autre main un fil de fer dont l'extrémité pouvait être mise en contact avec le conducteur de la bouteille.

En établissant la communication entre les garnitures intérieure et extérieure de la bouteille de Leyde, et faisant ainsi partir la décharge, la commotion électrique se fit sentir au même instant aux deux observateurs séparés par la Tamise. Ainsi, le fluide se transmit en franchissant successivement le corps du premier observateur, l'eau de la Tamise, le corps du second observateur placé de l'autre côté de l'eau, et le fil que ce dernier tenait dans la main. On réussit, dans une de ces expériences, à enflammer des liqueurs spiritueuses à l'aide du courant électrique qui avait traversé la rivière.

Rien ne peut donner une idée de la surprise, mêlée d'incrédulité, qui accueillit l'annonce de ce fait. Personne ne pouvait croire à ce phénomène extraordinaire d'un feu qui allait allumer de l'esprit-de-vin après avoir traversé la Tamise.

Une seconde série d'expériences commença le 24 juillet 1747 à *Stock-Newington*, près de Londres. On établit un conducteur d'environ 2 milles anglais de longueur, qui était formé en partie par l'eau de la Tamise, en partie par un fil de fer. Cette expérience fut faite en deux points : dans l'un, la longueur du fil de fer disposé sur la terre était de 800 pieds, et l'on avait pris dans la Tamise une étendue de 2 milles anglais; dans l'autre point, la distance par terre était de 2 milles anglais et 800 pieds, et par eau, de 8 milles. L'électricité se transmit tout aussi bien que dans l'expérience faite sur le pont de Londres.

Ensuite, au lieu d'enfoncer les baguettes de fer tenues par l'observateur, dans l'eau de la rivière pour établir la communication, on les appliqua simplement en terre, à une distance de 20 pieds de l'eau. L'expérience eut le même succès, et l'on reconnut ainsi que la terre humide, au moins

jusqu'à une certaine distance, peut transmettre, aussi bien que l'eau, le fluide électrique.

Le 28 juillet, cette expérience fut répétée avec le même résultat, bien que les observateurs qui devaient enfoncer la baguette dans la terre se trouvassent chacun à 150 pieds de l'eau.

On essaya alors de reconnaître si le terrain sec laisserait passer aussi facilement le fluide électrique que la terre humide. L'expérience eut lieu, le 5 août 1747, à *Highbury-Barn*, au delà d'*Islington*. Bien que l'un des observateurs fût placé dans une sablonnière sèche, à cent pas de distance de la rivière, la commotion électrique fut ressentie comme auparavant.

On voulut reconnaître enfin si le choc électrique pourrait se faire sentir dans un terrain sec à une distance double de celle à laquelle on venait de le transmettre, et comparer en même temps, s'il était possible, les vitesses respectives de l'électricité et du son. Le 14 août 1747, on s'établit, pour procéder à cette expérience, sur la montagne de *Shooter*. Le fil de fer communiquant avec la baguette tenue par l'observateur, était d'une longueur de près de 7 milles; il était soutenu dans tout son trajet sur des bâtons bien secs qui faisaient l'office de corps isolants; le conducteur qui communiquait avec la bouteille de Leyde avait près de 4 milles de longueur et se trouvait également soutenu sur des bâtons préalablement séchés au four, afin de mieux assurer leur isolement : une distance de 2 milles séparait les deux observateurs. On tira un coup de fusil au moment de l'explosion de la bouteille, et les observateurs tenaient leurs montres à la main pour remarquer le moment où ils sentiraient le coup; mais on ne put noter aucun intervalle appréciable entre la détonation et le choc électrique.

Une dernière expérience fut encore exécutée pour essayer de reconnaître avec plus d'exactitude la vitesse de l'électri-

cité. Le 5 août 1748, les expérimentateurs se réunirent une dernière fois sur la montagne de *Shooter*. On convint de former un circuit électrique de 2 milles de longueur, en faisant faire au fil conducteur différents détours dans la campagne ; le milieu de ce circuit se trouvait dans une maison où était placée la bouteille de Leyde, avec un observateur qui tenait à chaque main un des deux bouts, lesquels avaient de chaque côté 1 mille de longueur. Dans cette disposition, qui reproduisait celle adoptée par Lemonnier, on pouvait observer avec exactitude l'intervalle entre le moment de la décharge de la bouteille de Leyde et celui de la commotion éprouvée. « L'expérience prouva, dit Priestley, que « la vitesse du passage de la matière électrique dans toute la « longueur de ce fil, qui avait 12 276 pieds de longueur, « était instantanée (1). »

Ces curieuses expériences excitèrent, parmi les électriciens de l'Europe, beaucoup de surprise et d'admiration. Dans une lettre adressée à ce sujet à Watson, Mussenbroek lui écrivait avec la magistrale emphase de quelques savants de cette époque : *Magnificentissimis tuis experimentis superasti conatus omnium.*

De tels résultats redoublèrent l'ardeur des physiciens. On varia beaucoup la manière d'exécuter l'expérience de Leyde. Nollet, en France, y procédait de beaucoup de façons différentes. Il montra en 1747 que cette expérience peut se faire très-bien avec un vase de verre qui ne contienne ni eau ni métal, mais qui soit seulement vide d'air : l'espace vide d'air existant dans la bouteille lui servait de garniture intérieure (2). Cette expérience, qui a été répétée plusieurs fois de nos jours, réussit parfaitement ; elle donne une décharge électrique d'une grande intensité. L'appareil nécessaire pour l'exécuter existait encore il y a peu d'années dans le cabinet

(1) *Histoire de l'électricité*, t. I, p. 203.
(2) *Mémoires de l'Académie des sciences pour* 1747, p. 24.

de physique de la Faculté de médecine de Paris : la bouteille fut brisée, pendant une leçon du cours, par la force de la décharge.

Nollet exécutait quelquefois la même expérience en employant deux personnes au lieu d'une seule pour exciter l'étincelle; elles étaient séparées par un tube de verre rempli d'eau, dont elles tenaient chacune une extrémité. Nollet voulait montrer ainsi, d'une manière plus frappante, le phénomène lumineux de l'étincelle.

« Lorsque l'explosion se fait, dit Nollet, et que les deux corps animés ressentent la secousse, le tube intermédiaire qui les unit brille d'un éclat de lumière aussi subit et d'aussi peu de durée que le coup qui saisit les deux personnes appliquées à cette épreuve; n'est-il pas tout à fait possible qu'on verrait en nous la même chose si nous étions transparents comme le verre et l'eau (1)? »

Il aimait encore à montrer la même manifestation de la lumière électrique par une expérience assez bizarre :

« Au lieu du tube plein d'eau, si les deux personnes qui font l'expérience se présentent mutuellement un *œuf crû* l'une à l'autre à la distance de quelques lignes, au moment de la commotion, si c'est dans la nûit ou dans un lieu obscur, on voit étinceler l'extrémité de chacun des deux œufs, et tous les deux paraissent également remplis de lumière (2). »

Nollet montrait enfin que la forme de l'appareil était indifférente pour exécuter l'expérience de Leyde. Il obtenait la décharge électrique en se servant, au lieu de bouteille, d'une simple capsule de verre ou d'une jatte contenant de l'eau (3).

Ces diverses modifications apportées à l'expérience de

(1) *Leçons de physique expérimentale*, t. VI, p. 473.
(2) *Ibidem*, t. VI, p. 474.
(3) *Ibidem*, p. 486, fig. 22.

Leyde commençaient, quoique bien lentement, à préparer l'explication théorique du phénomène singulier que personne n'était encore en état d'approfondir.

C'est ainsi que Mussenbroek reconnut que l'expérience de Leyde échouait toujours quand les parois extérieures de la bouteille étaient humides, fait qui explique, comme nous l'avons dit plus haut, l'erreur qu'il avait commise lui-même en déclarant que le verre d'Allemagne était le seul propre à exécuter sa célèbre expérience.

En Angleterre, Watson découvrit que la ténuité du verre augmentait le choc électrique et que l'intensité de la décharge était indépendante de la force de la machine électrique qui servait à la provoquer. En multipliant ses expériences, Watson reconnut encore que l'intensité de la décharge augmentait proportionnellement avec l'étendue de la surface du verre.

Un autre expérimentateur anglais, Bevis, modifia très-avantageusement les dispositions primitives de la bouteille de Mussenbroek, et lui donna la forme que nous lui connaissons aujourd'hui. Il avait reconnu, à force de varier l'expérience, que l'énergie de la décharge augmentait avec les dimensions de la bouteille, mais nullement en proportion de la quantité d'eau qu'elle renfermait. Il conjectura donc que, dans le phénomène, encore inexpliqué, de la bouteille de Leyde, l'eau ne remplissait d'autre rôle que celui de conducteur. Comme l'eau ne jouit qu'à un assez faible degré de la propriété de conduire le fluide électrique, et qu'elle le cède beaucoup sous ce rapport aux différents métaux, Bevis pensa que l'effet électrique serait augmenté si l'on remplaçait l'eau par un métal. Il plaça donc dans la bouteille, de la grenaille de plomb au lieu d'eau, et l'expérience fit voir que l'emploi d'un métal pour former la garniture intérieure de l'appareil augmentait considérablement l'effet électrique. La grenaille de plomb employée par Bevis fut remplacée

plus tard par des feuilles d'or, métal non oxydable et meilleur conducteur.

C'est encore le même physicien qui eut l'idée d'envelopper à l'extérieur la bouteille de Leyde d'une feuille métallique. Bevis avait compris que la main de l'opérateur qui tenait la bouteille, remplissait l'office d'un conducteur de l'électricité. En enveloppant la bouteille d'une feuille d'étain jusqu'à une certaine hauteur, on rendait la partie externe de l'appareil beaucoup plus conductrice ; on pouvait alors placer la bouteille sur une table ou sur un support de bois, sans qu'il fût nécessaire de recourir à une personne pour la tenir. Ces deux changements apportés par Bevis à la forme de la bouteille de Mussenbroek ajoutèrent beaucoup à l'intensité de ses effets, et cet instrument prit ainsi la forme définitive qu'il a conservée jusqu'à nos jours.

Chacun sait que la bouteille de Leyde consiste aujourd'hui, comme le montre la figure ci-dessous (*fig.* 11), en un vase de verre enveloppé à l'extérieur d'une feuille d'étain B jusqu'à une certaine distance du goulot. Elle contient des feuilles d'or à l'intérieur, et se trouve munie d'un conducteur en laiton T, recourbé en crochet à son extrémité libre. Ce crochet sert à la mettre en communication avec la source d'électricité, c'est-à-dire avec la machine électrique, comme le montre la figure ci-dessous (*fig.* 12).

Bevis eut encore, le premier, l'idée de construire une *batterie électrique*. Il réunit trois bouteilles de Leyde, qu'il fit communiquer entre elles à l'aide de fils de fer partant de l'intérieur de chacune d'elles; il fit également communiquer les garnitures extérieures de ces bouteilles par une chaîne métallique qui traînait sur le sol.

Ainsi fut construite la première *batterie électrique* que Franklin, comme nous le verrons bientôt, imagina aussi de son côté sans avoir eu connaissance de cet appareil de Bevis.

Profitant des travaux de son compatriote, Watson con-

struisit ensuite de puissantes *batteries électriques*, en employant de très-grandes bouteilles de verre mince, nommées

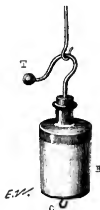


Fig. 10.

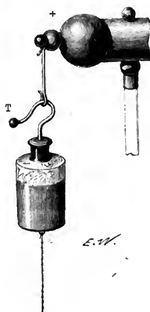


Fig. 11.

jarres, qu'il remplissait de feuilles d'argent. On obtint avec ces batteries des effets électriques d'une grande puissance : la décharge d'une batterie composée de dix à douze jarres suffisait pour tuer des animaux d'une assez grande taille.

Tous ces résultats prouvaient avec évidence que les effets de la bouteille de Mussenbroek dépendaient, non de l'intensité de la source qui fournissait l'électricité, c'est-à-dire de la machine électrique, mais bien de l'étendue de la surface que présentait le verre ainsi maintenu entre deux surfaces métalliques en contact avec lui. Bevis prouva expérimentalement ce fait important, en recouvrant les deux faces opposées d'un carreau de verre, de deux feuilles métalliques jusqu'à une distance d'un pouce du bord du carreau. Faisant

communiquer l'une de ces feuilles métalliques avec le conducteur d'une machine électrique, et l'autre avec le sol, il obtint une décharge qui avait sensiblement la même intensité que celle qui était fournie par une bouteille de verre de même surface. C'est ce que l'on désigne aujourd'hui sous le nom d'*expérience du carreau fulminant.*

Cependant, ces diverses remarques ne fournissaient encore que des lumières bien incertaines pour expliquer le phénomène de la bouteille de Leyde. Depuis un an, les expériences, les faits acquis, s'étaient multipliés singulièrement, mais la théorie n'avait pas fait un pas. On avait varié et perfectionné la construction de cet instrument sans pouvoir encore hasarder la moindre explication de ses effets. L'empirisme seul avait appris à donner aux pièces de la bouteille de Mussenbroek la place qu'on leur assignait. On savait bien qu'il fallait, pour exécuter l'expérience, placer un corps non conducteur de l'électricité entre deux surfaces conductrices; mais quel rôle physique remplissait chacun des éléments de cet appareil, on l'ignorait encore d'une manière absolue. Il fallait que cet appareil traversât les mers, pour aller trouver au sein du Nouveau Monde le philosophe ingénieux, le rigoureux observateur, qui devait éclairer d'une lumière subite et inattendue une matière dont tous les physiciens de l'Europe avaient été impuissants à dissiper l'obscurité.

CHAPITRE VI

Travaux de Franklin. — Théorie du fluide unique. — Analyse physique de la bouteille de Leyde. — Expériences diverses invoquées par Franklin pour établir la théorie physique de la bouteille de Mussenbroek.

Ce fut dans l'été de l'année 1747 que le hasard amena l'illustre Franklin à s'occuper pour la première fois des phéno-

mènes électriques. Par son éducation, Franklin était loin d'avoir été préparé à la culture des sciences, mais la nature lui en avait donné le génie, et son exemple prouve suffisamment combien la flamme de l'inspiration scientifique peut se faire jour et briller au dehors en dépit du concours incessant des circonstances contraires. D'abord apprenti dans une fabrique de chandelles, ensuite ouvrier imprimeur, enfin directeur d'un journal économique, dépourvu de toute instruction première, à peine dégrossi par un voyage sans résultat entrepris en Europe, séparé par une distance de deux mille lieues des pays où florissaient les sciences, privé ainsi de tout conseil, de toute direction qu'auraient pu lui fournir des physiciens engagés dans les mêmes travaux, entièrement dépourvu d'instruments de recherches et d'ailleurs sans ressources pécuniaires pour en faire construire en Europe : tel était l'homme qui s'apprêtait à aborder l'étude des phénomènes électriques avec l'espoir de résoudre les problèmes difficiles qui s'offraient pour la première fois à son esprit investigateur. Franklin avait reçu de la nature l'originalité dans la conception et l'indépendance dans les vues ; son esprit, qui n'avait pas été embarrassé de bonne heure dans les replis des vicieux systèmes de la physique de son temps, s'ouvrait librement et sans entraves aux simples lumières de la vérité et de la raison ; cette virginité intellectuelle, attribut rare et précieux, fut la source des triomphes scientifiques du philosophe américain.

Franklin avait établi à Philadelphie une petite société littéraire où quelques jeunes esprits, amateurs des vérités physiques et morales, aimaient à s'exercer ensemble sur diverses matières de cet ordre. Au commencement de l'année 1747, un physicien nommé Pierre Collinson, membre de la Société royale de Londres, adressa à la petite réunion présidée par Franklin, la description raisonnée des nouvelles expériences électriques qui occupaient alors toutes les aca-

démies de l'Europe. A sa lettre étaient joints quelques instruments pour exécuter les principales de ces expériences, et particulièrement un tube de verre avec son étui, instrument qui pouvait tenir lieu d'une machine électrique, car frotté avec une étoffe de laine, il donnait assez d'électricité pour produire les principaux phénomènes observés jusque-là. Peu de temps auparavant, en 1746, Franklin, se trouvant à Boston, avait rencontré dans cette ville un amateur d'électricité, le docteur Spence, arrivant d'Écosse, qui l'avait rendu témoin de quelques expériences courantes sur l'électricité. Bien qu'imparfaitement exécutées par le bon docteur, « qui « n'était pas très-expert, » nous dit Franklin, ces expériences lui avaient inspiré un vif intérêt, et l'avaient séduit par l'extrême nouveauté du sujet. Aussi le présent envoyé à la société de Philadelphie par le complaisant physicien de la Société royale de Londres fut-il accueilli avec empressement par Franklin, qui entrevoyait sans doute la riche moisson de découvertes que cette matière, alors si nouvelle, réservait aux observateurs.

Franklin commença par répéter, avec les petits appareils envoyés par Collinson, les expériences qu'il avait vu faire à Boston par le docteur Spence. Il en rendit témoins ses amis, les jeunes membres de la Société littéraire. Sa maison se remplissait chaque jour de curieux et d'amateurs qui venaient se familiariser avec ces nouveaux prodiges. Afin d'activer le travail, il fit souffler dans la verrerie de Philadelphie, plusieurs tubes de verre qu'il distribua à ses amis, pour les mettre en état de répéter eux-mêmes les phénomènes qu'il produisait devant eux ; il put de cette manière disposer bientôt de plusieurs collaborateurs. Le principal d'entre eux fut Kinnersley, « ingénieux voisin, nous dit « Frankin, n'ayant rien à faire, que j'engageai à entre- « prendre de montrer les expériences pour de l'argent, et « pour qui je rédigeai deux discours dans lesquels les expé-

« riences étaient classées de telle manière, et accompagnées « d'explications données d'après une telle méthode, que la « précédente faisait comprendre celle qui suivait. Il se pro- « cura à ce sujet un élégant appareil, dans lequel toutes les « petites machines que j'avais grossièrement faites pour « moi furent proprement fabriquées par des faiseurs d'in- « struments. Ses séances furent bien suivies et donnèrent une « grande satisfaction, et quelque temps après il parcourut « les colonies, donnant des séances dans les villes capitales, « et recueillit de l'argent. »

Les expériences de Franklin et les découvertes qui en furent la suite, sont consignées dans une série de lettres adressées par lui à Collinson et qui ont été réimprimées plusieurs fois. La première est du 28 juillet 1747.

Les lettres de Franklin ont besoin, pour être comprises, d'un commentaire explicatif. Elles sont loin, en effet, de procéder suivant les règles d'une exposition dogmatique. C'est un simple et bref récit d'expériences détachées, dont le lien échappe, et qui déconcertent toujours l'esprit à une première lecture. Ce commentaire indispensable, nous allons essayer de le fournir.

Dans l'exposé des découvertes de Franklin il importe de distinguer soigneusement entre les faits et les hypothèses. Il faut considérer séparément la théorie générale qu'il a proposée pour l'explication des phénomènes électriques, et les faits nouveaux qu'il observa et qui sont devenus dans la suite une source abondante de découvertes et d'applications. La théorie générale imaginée par Franklin a été précieuse pour la constitution de la science électrique ; les faits qu'il a découverts ont beaucoup éclairé cette partie de la physique : par ces deux ordres de travaux, Franklin a donc été doublement utile à la belle science qu'il réussit le premier à approfondir.

Nous avons vu, en parlant des travaux de Dufay, que ce physicien, pour expliquer les phénomènes généraux de l'é-

lectricité, avait admis l'existence de deux espèces de fluide : *l'électricité vitrée* ou *positive* et *l'électricité résineuse* ou *négative*. Selon Dufay, l'électricité existe dans tous les corps à l'état neutre ou naturel, et cette électricité naturelle est formée par la neutralisation réciproque des deux électricités, positive et négative, qui existent dans tous les corps. Par le frottement ou par la chaleur, on peut déterminer la décomposition de ce fluide naturel : dès lors les deux électricités, positive et négative, primitivement combinées, se désunissent ; l'une passe sur le corps frottant, l'autre sur le corps frotté, qui se trouve dès lors animé de la vertu électrique, soit positive soit négative.

L'existence de ces deux fluides opposés ne satisfaisait pas le philosophe américain. Il crut pouvoir expliquer les mêmes phénomènes par une hypothèse mieux en harmonie avec la simplicité de moyens que la nature met en jeu. Pour rendre compte des phénomènes électriques, Franklin n'admettait l'existence que d'un seul fluide ; avec cette donnée, il expliquait tous les phénomènes de la manière la plus simple.

Franklin suppose qu'il existe dans tous les corps un fluide très-délié, c'est le fluide électrique proprement dit. Homogène dans son essence, il est répandu dans tous les corps : *ses molécules se repoussent mutuellement, et il a lui-même de l'attraction pour la matière*. Tous les corps de la nature qui, à l'origine, ont été plongés dans ce fluide, s'en sont chargés selon leur degré d'attraction et de leur capacité pour cet agent physique, jusqu'à ce que ce fluide se soit mis en équilibre avec lui-même dans tous les corps de la nature. D'après cela, dans les conditions ordinaires, aucun corps ne semble contenir de fluide électrique et ne paraît électrisé, il est dans l'état naturel. Mais dès que le frottement, ou un moyen analogue, est venu déterminer dans ce corps la rupture de l'équilibre naturel, les attractions pour le fluide électrique du corps frottant et du corps frotté perdent leur

rapport primitif d'égalité. L'un se charge d'une surabondance de fluide électrique, l'autre en perd une partie, de telle sorte qu'après le frottement, le corps frottant, par exemple, renferme davantage et le corps frotté renferme moins de cette électricité naturelle. C'est cet excès ou ce défaut de fluide qui les constitue dans deux états d'électricité différents, et qui leur donne la propriété de manifester des effets électriques opposés, c'est-à-dire de s'attirer mutuellement et de se reconstituer en équilibre, dès qu'on les met en contact l'un avec l'autre. Quand un corps renferme de l'électricité en excès, Franklin dit qu'il est électrisé *positivement ;* si l'électricité s'y montre en défaut, il est électrisé *négativement.*

Telle est l'hypothèse de Franklin, préférable, sous le rapport de la simplicité, à celle de Dufay.

Malgré ses avantages, malgré la clarté qu'elle introduisait dans l'interprétation des phénomènes, la théorie de Franklin ne fut pas acceptée dans la science. On continua d'admettre, avec le physicien français, l'hypothèse des deux fluides à propriétés différentes, et cette théorie a été professée jusqu'à nos jours. Elle est plus commode en effet pour l'enseignement, pour l'exposition dogmatique, mais rien ne prouve qu'elle soit conforme à la réalité. La théorie de Franklin, ouvrage d'un esprit net et profond, sera toujours citée avec respect et avec reconnaissance, car c'est en la prenant pour guide que son auteur fut conduit à l'une des plus belles découvertes dont la physique se soit enrichie, c'est-à-dire à l'analyse, à l'explication physique du mécanisme de la bouteille de Leyde. C'est par des expériences pleines de finesse, de pénétration et d'élégance que Franklin fut conduit à cette découverte admirable (1).

(1) La théorie du fluide unique, proposée par Franklin, n'a pas été adoptée par les physiciens de notre époque, pour deux motifs : 1° Parce qu'on a pensé que l'hypothèse des deux fluides simplifiait l'exposé des phénomènes et présentait plus de facilité que celle de Franklin pour l'exposition dogmatique et pour l'enseignement ; 2° parce que le physi-

Voici comment d'après les expériences de Franklin on se rend compte aujourd'hui des phénomènes de la bouteille de

cien Œpinus, l'ayant soumise au calcul, crut que cette hypothèse n'était pas confirmée par l'analyse mathématique. Il résulte en effet des calculs d'Œpinus, que la théorie de Franklin ne serait admissible qu'autant qu'il existerait, entre les particules de la matière, une répulsion à de grandes distances. Cette objection parut décisive contre la théorie de Franklin, car cette répulsion réciproque à de grandes distances ne s'aperçoit nulle part dans les mouvements des corps célestes, qui, au contraire, s'attirent les uns les autres. On faisait encore remarquer que, dans la théorie de Franklin, les corps conducteurs agissant par une attraction sur le fluide unique, il doit exister, dans cette sorte d'affinité de la matière pour l'électricité, des variations dépendantes de la nature des différents corps. Or, ce résultat n'est point conforme à l'expérience, car on sait que l'électricité se distribue aux corps conducteurs, non pas d'une manière différente suivant leur nature, mais uniformément, selon leur surface. Enfin, disait-on encore, comment se fait-il que l'électricité négative, qui n'est, suivant le système de Franklin, qu'une privation, qu'une *absence d'électricité*, se produise uniquement à la surface des corps et s'établisse sur chaque point de cette surface, conformément aux lois rigoureuses de l'hydrostatique, absolument comme un *fluide réel*.

Telles sont les objections qui ont fait tomber l'hypothèse de Franklin. Mais nous allons essayer de montrer que ces objections avaient beaucoup moins de force qu'on ne leur en a prêté, et que la théorie du fluide unique satisfait tout aussi bien que celle des deux fluides à l'explication des phénomènes électriques. Sans doute, l'hypothèse des deux fluides se prête avec une merveilleuse facilité à l'exposition des faits, de même que pour démontrer les lois de la lumière, il est plus commode d'avoir recours à la théorie de l'émission qu'à celle des ondulations. Mais cette considération ne suffit pas pour faire admettre l'hypothèse des deux fluides; il faudrait, pour que l'on fût forcé de l'adopter, démontrer qu'aucune autre hypothèse ne peut se plier aussi facilement à l'intelligence des phénomènes fournis par l'observation.

Un jeune physicien dont le nom est aujourd'hui presque inconnu et qu'une mort prématurée enleva aux sciences, Bigeon, est parvenu, par l'application de l'analyse mathématique et en même temps par l'expérience, à renverser les objections d'Œpinus rapportées plus haut. Le mémoire de Bigeon, qui a passé presque inaperçu, est imprimé dans les *Annales de chimie et de physique* (2e série, t. XXXVIII, p. 150).

Bigeon commence par établir le principe suivant : « *Il n'existe qu'un seul fluide électrique dont l'égale distribution dans tous les corps de la nature constitue l'état naturel, et l'inégale distribution l'état électrique des corps.* »

Ce principe posé, Bigeon démontre par le calcul que deux corps électrisés et suspendus librement dans l'air se repousseront quand leurs

Leyde. Ses effets s'expliquent par la différence que présentent, sous le rapport de l'état électrique, ses surfaces interne

tensions électriques seront toutes deux supérieures ou inférieures à celle de l'atmosphère environnante, et s'attireront quand l'une de ces deux tensions sera plus forte et l'autre plus faible que celle du milieu environnant.

En étudiant les calculs de Poisson sur la distribution de l'électricité libre dans l'intérieur des corps conducteurs, Bigeon a vu qu'ils s'appliquaient très-naturellement à l'hypothèse du fluide unique. Il faut seulement, dans les calculs, ajouter au nombre des propriétés du fluide électrique admises par Poisson, une sorte d'incompressibilité ou une force élastique considérable, et admettre aussi que la quantité d'électricité qu'il est possible d'enlever ou d'ajouter aux corps électrisés, est infiniment petite par rapport à celle qu'ils renferment.

Se fondant sur les expériences de Davy, qui a démontré que les phénomènes électriques se manifestent dans le vide, Bigeon arriva à conclure que le vide contient du fluide électrique et qu'une partie de ce fluide est indépendante du milieu environnant, cette partie étant très-petite relativement à celle qui adhère aux molécules du corps électrisé.

Ainsi, dans l'air atmosphérique, chaque molécule est entourée d'une certaine quantité d'électricité qui ne s'en sépare que difficilement ; en ajoutant dès lors à un même espace une nouvelle quantité d'air, ou en enlevant une partie de celui qu'il renferme, ce qui revient à augmenter ou à diminuer sa densité par un moyen quelconque, on augmentera ou on diminuera en même temps sa tension électrique, et les corps placés dans son intérieur, précédemment en état d'équilibre électrique, se trouveront trop peu ou trop électrisés par rapport à lui, et devront dès lors manifester des propriétés électriques. C'est ce que Bigeon a observé en effet dans l'expérience suivante : Si on suspend sous une cloche, près d'une boule de moelle de sureau fixe et isolée, une autre boule placée à l'extrémité d'un fil de gomme laque horizontal soutenu par un fil de cocon, une très-faible diminution dans la densité de l'air produit toujours une répulsion qui disparaît en rendant l'air. Cette expérience contredit formellement la théorie des deux électricités ; car on ne peut, en ôtant du fluide naturel, laisser que du fluide naturel, et il n'y a pas de raison pour que l'électrisation des boules se produise et soit accusée par une répulsion, tandis que, dans l'hypothèse d'un seul fluide, diminuer la densité de l'air c'est diminuer la tension électrique du milieu environnant ; donc les tensions des deux boules électrisées sont toutes deux plus grandes que la tension du milieu ambiant, et il y a répulsion.

Bigeon est donc parvenu, par l'expérience et le raisonnement, à faire tomber l'objection d'Œpinus, et il n'est plus nécessaire, pour admettre l'existence d'un fluide unique, de supposer les molécules de la matière douées d'une force répulsive.

La seconde objection élevée contre le système de Franklin consiste à

et externe, que l'on désigne d'habitude sous le nom de *garniture extérieure* et de *garniture intérieure*. Avant que l'on

dire qu'une *absence d'électricité*, qui, dans cette théorie, représente l'état négatif des corps électrisés, ne pouvait obéir aux mêmes lois, se mouvoir de la même manière que le fluide positif. Mais il suffit pour réfuter cette objection de rappeler que Franklin a dit : Un corps est électrisé négativement quand on lui enlève une *partie*, mais non pas la *totalité* de son fluide naturel.

La troisième objection contre la théorie de Franklin consiste à dire que l'on ne saurait admettre une sorte d'affinité élective dans un fluide qui se distribue, d'après une même loi, à la surface de tous les corps indifféremment, et sans aucune différence déterminée par leur composition chimique. Cette troisième objection est réfutée en ces termes par M. Edm. Robiquet, agrégé de physique à l'École de pharmacie de Paris, dans sa Thèse pour le doctorat ès sciences présentée en 1854, à la Faculté des sciences de Paris, et dont une partie est consacrée au sujet qui nous occupe :

« Il me semble bien difficile, dit M. Robiquet, pour ne pas dire impos-
« sible, de déterminer des différences de conductibilité ou d'adhérence
« dans un fluide dont la vitesse est si prodigieuse, et par conséquent on
« n'a pas le droit de nier que ces différences existent. Qu'y a-t-il d'ailleurs
« de surprenant à ce que l'électricité se propage et se distribue de la
« même manière à la surface des corps conducteurs présentant au point
« de vue physique des propriétés générales semblables, de même que
« tous les corps qu'on peut amener à l'état de précipités noirs pulvéru-
« lents, aussi semblables que possible au noir de fumée, absorbent de
« la même manière les rayons calorifiques, ainsi que M. Masson l'a
« démontré par des expériences aussi précises et aussi irréprochables
« que celles qu'il a l'habitude de faire ?

« L'illustre Faraday, en découvrant qu'un même courant électrique
« traversant les dissolutions de plusieurs métaux, en sépare des poids
« sensiblement proportionnels à leurs équivalents, autorise lui-même à
« penser qu'il existe pour l'électricité statique une sorte d'affinité élec-
« tive, mais que les nuances de cette affinité ont échappé jusqu'à présent
« à toutes les méthodes d'investigation. »

Dans la Thèse qui nous a fourni les passages précédents, M. Robiquet s'est proposé de compléter et de développer la pensée émise par Bigeon, dont le mémoire n'était qu'une simple note sur un sujet que la mort l'a empêché sans doute de traiter dans tout son développement. M. Robiquet explique donc, suivant l'une et l'autre théorie, les expériences fondamentales de l'électricité. M. Robiquet expose ensuite, suivant l'une et l'autre hypothèse, la théorie de quelques instruments employés à la démonstration des phénomènes électriques, et il montre que le système de Franklin, c'est-à-dire l'hypothèse du fluide unique, rend compte de ces phénomènes d'une manière tout aussi simple que la théorie qui lui a été préférée jusqu'à nos jours.

ait fait jouer la machine électrique, la garniture intérieure, c'est-à-dire la partie interne du verre et les feuilles d'or que renferme la bouteille, sont à l'état neutre (pour employer les termes de la théorie de Dufay) ; c'est-à-dire que les deux fluides positif et négatif existent dans ce corps, mais neutralisés, paralysés par leur combinaison. Quand on fait agir la machine électrique qui développe par exemple du fluide positif, et que l'on met la bouteille de Leyde en communication avec le conducteur de cette machine, le fluide positif passe à l'intérieur ou dans la garniture intérieure de la bouteille. Parvenu là, ce fluide positif agit, à travers l'épaisseur du verre, sur les deux fluides qui existent à l'état neutre dans la garniture extérieure. Sous cette influence, le fluide neutre de la garniture extérieure est décomposé ; le fluide positif est repoussé et s'écoule dans le sol, avec lequel la garniture extérieure se trouve en communication permanente ; le fluide négatif est attiré par le fluide de nom contraire qui existe à l'intérieur de la bouteille. L'interposition d'une substance non conductrice, comme le verre, empêche ces deux électricités libres de se réunir pour recomposer du fluide neutre, comme elles le seraient si elles étaient séparées par une substance conductrice de l'électricité. Le verre de la bouteille remplit donc l'office d'une sorte de barrière qui sépare les deux fluides libres, les maintient à l'état d'activité, et permet d'accumuler ou de condenser ainsi entre les deux garnitures une masse d'électricité. Cette masse est d'autant plus considérable que la garniture extérieure étant toujours en communication avec le sol, c'est-à-dire avec le grand réservoir naturel de l'électricité neutre, emprunte au sol autant d'électricité que peut en accumuler la garniture intérieure de la bouteille.

Ainsi s'explique ce fait de la présence des deux électricités de nom contraire dans les garnitures interne et externe de la bouteille de Leyde.

Maintenant, si, à l'aide d'un arc métallique conducteur venant toucher à la fois les garnitures interne et externe de la bouteille, on présente un moyen de communication entre ces deux garnitures, les deux électricités accumulées s'échappent à la fois par cet arc conducteur, elles s'élancent à la rencontre l'une de l'autre, et se recombinent à l'état de fluide neutre, en produisant une vive étincelle, ainsi qu'il arrive toutes les fois que l'on met en présence deux corps différemment et fortement électrisés.

Si, au lieu d'établir la communication entre les deux électricités au moyen d'un arc métallique isolé par deux manches de verre, on établit cette communication avec les deux mains, la personne qui fait cette expérience reçoit une profonde secousse, parce que la recomposition des deux fluides et l'ébranlement physique considérable qui en est la conséquence, se fait à l'intérieur de son corps et dans l'intimité de ses organes. C'est ce qui arriva à Mussenbroek lorsque, pour la première fois, il vint à toucher fortuitement, d'une main, le conducteur de la machine électrique en activité pendant qu'il tenait, de l'autre main, la bouteille de verre pleine d'eau électrisée.

Telle est l'analyse, telle est l'explication que Franklin donna aux physiciens de son temps des effets de la bouteille de Leyde. Mais comment le philosophe américain parvint-il à démontrer la vérité de l'explication qui précède? C'est ce qu'il importe d'exposer avec soin.

Dans une première expérience, Franklin présente à une bouteille de Leyde chargée, une boule de liége attachée à l'extrémité d'un fil de soie, et il voit sans surprise que la boule est attirée par l'enveloppe extérieure de la bouteille, tandis que le fil métallique communiquant avec l'intérieur, la repousse.

« Placez, dit Franklin, une bouteille de Leyde électrisée sur

de la cire, matière isolante; tenez à la main un fil de soie bien sec auquel est suspendue une petite boule de liége; approchez cette petite boule du fil de fer qui sort de l'intérieur de la bouteille, elle sera d'abord attirée et ensuite repoussée. Lorsqu'elle est dans cet état de répulsion, baissez la main de manière que la boule se trouve vis-à-vis du bas de la bouteille; elle sera promptement et fortement attirée. Si le verre, à l'extérieur de la bouteille, avait été électrisé positivement, comme le fil de fer qui communique avec sa partie intérieure, le liége aurait été repoussé également par le fil de fer et par le bas de la bouteille (1). »

Donc, la partie externe et la partie interne de la bouteille se trouvaient à un état électrique opposé : l'une était électrisée positivement, l'autre négativement.

Pour établir le même fait par une autre expérience, Franklin suspend un fil de lin au voisinage de l'enveloppe d'une bouteille chargée, et il observe que, chaque fois qu'il présente son doigt au crochet de la bouteille, le fil de lin est attiré par l'enveloppe, de manière qu'à mesure qu'il soutire le fluide de la surface intérieure, l'enveloppe en reçoit la même quantité par le moyen du fil de lin.

« D'un fil de fer courbé et attaché sur une table, faites pendre un fil de lin à la distance d'un demi-pouce de la fiole électrisée; touchez avec le doigt le fil d'archal de la fiole à plusieurs reprises, et à chaque attouchement vous verrez le fil de lin attiré dans l'instant par la bouteille (cette expérience réussira encore mieux avec un vinaigrier ou tel autre vase bombé qu'on voudra). Dès que vous tirez du feu de la partie supérieure, en touchant le fil d'archal, la partie inférieure de la bouteille en attire une égale quantité par le fil. »

Franklin montra d'une manière plus manifeste encore que, dans la bouteille de Leyde, les surfaces interne et externe se trouvent à un état électrique opposé, au moyen de plusieurs

(1) *Œuvres de Franklin*, traduites de l'anglais par M. Barbeu-Dubourg, t. II, p. 16, lettre 3.

expériences très-ingénieuses, très-élégantes, et qui ont été conservées jusqu'à nos jours sans aucune modification. Elles avaient pour but de prouver que l'on peut parvenir à dépouiller peu à peu la bouteille de Leyde de toute son électricité en présentant alternativement un même corps léger à la garniture intérieure et à la garniture extérieure. Ce corps étranger opère lentement et silencieusement sa décharge, parce qu'il soutire à chaque fois une petite quantité de fluide sur l'une des garnitures de la bouteille, et la neutralise aussitôt par une même quantité de fluide contraire empruntée à l'autre garniture.

« Faites tenir, dit Franklin, un fil de fer dans une feuille de plomb, dont le bas de la bouteille est garni, de sorte qu'en faisant un coude pour se relever perpendiculairement, l'anneau qui le termine se trouve de niveau avec le haut ou l'anneau du fil d'archal qui entre dans le liége, et qu'il en soit à 3 ou 4 pouces de distance. Alors électrisez la bouteille, et posez-la sur de la cire. Si un morceau de liége suspendu par un fil de soie descend entre les deux fils d'archal, il jouera continuellement de l'un à l'autre jusqu'à ce que la bouteille ne soit plus électrisée : la raison en est qu'il tire et apporte le feu du haut en bas de la bouteille, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli. »

C'est la même expérience que Franklin avait déjà faite avec son *araignée artificielle*, et qu'il décrit très-sommairement en ces termes dans une lettre précédente :

« Nous suspendons par un fil de soie une araignée artificielle faite d'un petit morceau de liége brûlé avec les pattes de fil de lin, et lestée d'un ou deux grains de plomb pour lui donner plus de poids. Sur la table où elle est suspendue, nous attachons un fil d'archal perpendiculairement à la hauteur du fil d'archal de la fiole et à la distance de 2 ou 3 pouces de l'araignée ; alors nous animons cette araignée en mettant la fiole à la même distance, mais de l'autre côté ; elle vole aussitôt au fil d'archal de la fiole, bande ses pattes en le touchant, s'élance de là et revole au fil d'archal de la table, de là encore au fil d'archal de la fiole, jouant avec ses pattes contre l'un et l'autre d'une manière

tout à fait amusante, et paraît parfaitement animée aux personnes qui ne sont pas instruites. Elle continue ce mouvement une heure et plus dans un temps sec. »

On ne manque jamais aujourd'hui, dans les cours de physique, de répéter cette curieuse expérience de l'*araignée de Franklin* (fig. 12).

Le *carillon électrique* est une autre expérience du physi-

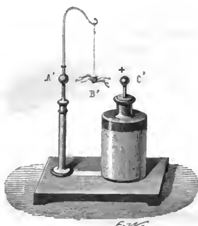


Fig. 12.

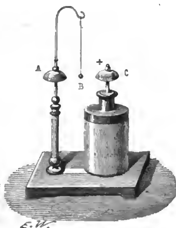


Fig. 13.

cien de Philadelphie, qui n'est qu'une variante de la précédente. En munissant de deux timbres métalliques très-sonores, C, A (fig. 13), le crochet extérieur de la bouteille de Leyde et une tige métallique en communication avec sa garniture extérieure, on obtient, par le choc répété d'une balle métallique légère B isolée par le fil de soie auquel elle est suspendue et qui est attirée successivement de l'un à l'autre timbre, une série continue de sons, ou un *carillon électrique*. Au bout de quelques heures, par ces décharges partielles et successives la bouteille a perdu toute son électricité.

Franklin montra ensuite qu'en mettant en contact les deux surfaces interne et externe de la bouteille de Leyde électri-

sée, les deux fluides se recomposent, et tout effet électrique disparaît.

« Placez, dit Franklin, une bouteille de Leyde électrisée sur de la cire pour l'isoler; prenez un fil de fer qui ait la forme d'un *c*, de telle longueur qu'après lui avoir donné sa courbure on puisse faire toucher le fil d'archal de la bouteille par un de ses bouts et le bas de la bouteille par l'autre. Attachez-en la partie convexe à un bâton de cire d'Espagne qui lui servira comme de manche; appliquez alors son bout d'en bas au fond de la bouteille, et approchez par degrés son bout d'en haut du fil d'archal qui est dans le liége : vous y verrez les étincelles se suivre de près jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli. Faites toucher d'abord le haut en approchant l'autre extrémité du fond, vous aurez un courant de feu continuel provenant du fil d'archal qui enfile la bouteille; touchez le haut et le bas en même temps, et l'équilibre sera incontinent rétabli, le fil d'archal courbé formant la communication. »

Franklin mit le même résultat en évidence à l'aide d'une autre expérience assez élégante pour être rapportée ici. Elle avait pour résultat de montrer aux yeux le passage de l'étincelle électrique entre les deux surfaces différemment électrisées de la bouteille de Leyde mise en communication au moyen d'un mince filet d'or bordant la couverture d'un livre :

« Voici, dit Franklin, une jolie expérience qui rend extrêmement sensible le passage du feu électrique de la partie supérieure à la partie inférieure de la bouteille pour rétablir l'équilibre. Prenez un livre dont la couverture soit bordée de filets d'or; courbez un fil d'archal de 8 ou 10 pouces de long dans la forme *m*, posez-le à l'extrémité de la couverture du livre sur le filet d'or, de façon que le coude de ce fil d'archal porte sur une extrémité du filet d'or et que l'anneau soit en haut, incliné vers l'extrémité du livre; couchez ce livre sur du verre ou sur de la cire, et posez la bouteille électrisée sur l'autre extrémité des filets d'or; alors courbez la partie saillante du fil d'archal en la pressant avec un bâton de cire d'Espagne jusqu'à ce que son anneau soit proche de l'anneau du fil d'archal de la bouteille, et à l'instant vous apercevez une forte étincelle et un choc, et

tout le filet d'or qui complète la communication entre le haut et le bas de la bouteille paraît une flamme vive comme un éclair très-brillant. L'expérience réussira d'autant mieux que le contact sera plus immédiat entre le coude du fil d'archal et l'or à une extrémité du filet, et entre le cul de la bouteille et l'or à l'autre extrémité. Il faut faire cette expérience dans une chambre obscure. Si vous voulez que tout le contour des filets d'or sur la couverture paraisse en feu tout à la fois, faites en sorte que la bouteille et le fil d'archal touchent l'or dans les coins diagonalement opposés. »

Toutes ces expériences, d'une frappante simplicité, suffisaient sans aucun doute pour établir la justesse de l'explication donnée par Franklin de l'état physique de la bouteille de Mussenbroek ; mais, ne trouvant pas sans doute ces moyens de démonstration assez complets, il se livre à de nouvelles recherches pour vérifier sa conjecture. Il décharge sa bouteille à travers le corps d'un homme isolé, et l'homme ne conserve après la décharge aucune trace d'électricité. Il isole le frottoir après avoir suspendu une bouteille au conducteur, et il ne peut réussir à la charger, quoiqu'il la tienne constamment avec la main, tandis qu'il la charge facilement lorsqu'à l'aide d'un fil métallique il fait communiquer sa surface extérieure avec le frottoir isolé. Franklin charge la bouteille avec la même facilité, soit qu'il présente l'enveloppe, soit qu'il présente le crochet au conducteur.

Les électriciens de l'Europe avaient observé qu'on ne peut jamais réussir à charger une bouteille de Leyde quand on la place sur un support isolant. La théorie de Franklin explique parfaitement ce fait : pour que le fluide naturel de la bouteille soit détruit par l'électricité positive arrivant de la machine, il faut que le fluide négatif, repoussé, puisse s'écouler dans le sol ; si la bouteille que l'on électrise est isolée, la route étant fermée au fluide négatif, ce dernier ne peut s'écouler dans le sol, par conséquent l'électrisation de la bouteille est impossible.

Mais une des expériences les plus élégantes par lesquelles Franklin confirma toute la vérité de sa théorie est celle que l'on désigne sous le nom de *charge par cascade*.

Si, comme l'admettait Franklin, il y a, par la garniture extérieure de la bouteille de Mussenbroek, un écoulement continuel d'électricité de nom contraire à celle qui arrive par la machine électrique, cette électricité doit pouvoir se manifester au dehors par ses effets. Franklin imagina de rendre sensible la présence de cette électricité par un moyen bien démonstratif au point de vue expérimental. Il fit servir l'électricité négative qui s'écoulait de la garniture extérieure d'une bouteille de Leyde, à charger de nouvelles bouteilles. Voici comment il faut s'y prendre pour répéter l'expérience de la *charge par cascade*, due à l'esprit ingénieux du physicien de Philadelphie.

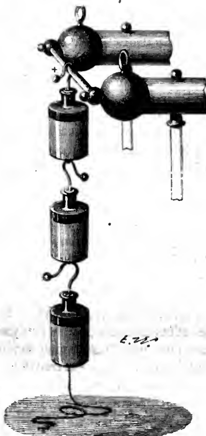


Fig. 14.

La première bouteille de Leyde communique comme à l'ordinaire, par le crochet de sa garniture intérieure, avec le conducteur d'une machine électrique. Un crochet métallique, fixé à la garniture extérieure de cette première bouteille, sert à sup-

porter une seconde bouteille de Leyde, qui communique ainsi, par sa garniture intérieure, avec la garniture extérieure de la première, et peut ainsi recevoir le fluide qui s'en écoule. On peut placer une troisième bouteille de Leyde au-dessous de la deuxième, en la suspendant de la même manière au crochet de la précédente.

Maintenant, si l'on met en action la machine électrique, en faisant tourner son plateau de verre, le fluide positif envoyé par le conducteur de cette machine s'accumulera dans la garniture intérieure de la première bouteille ; les deux fluides qui sont dans la garniture extérieure à l'état neutre, seront désunis, le fluide négatif sera attiré, le fluide positif repoussé. Ce fluide positif repoussé passera, par les deux crochets entrelacés, de la garniture extérieure de la première bouteille dans la garniture intérieure de la seconde. Cette seconde bouteille sera donc, par rapport à la troisième, dans la même position que la première par rapport à la seconde. Il en sera de même de la troisième, etc. Toutes les garnitures intérieures posséderont le fluide positif, toutes les garnitures extérieures le fluide négatif, en un mot toutes les bouteilles seront chargées comme la première et aussi facilement qu'une seule. Cette manière de charger les bouteilles de Leyde est une preuve sans réplique de l'écoulement du fluide repoussé.

Franklin expliqua sans plus de difficulté l'augmentation des effets électriques que l'on produit au moyen des *batteries*, nom que l'on donnait depuis Bevis et Watson, sans toutefois que l'on en eût trouvé l'explication théorique. Cette explication était toute simple, d'après ce qui précède.

Une batterie électrique se compose de la réunion d'un certain nombre de bouteilles de Leyde, dont les garnitures intérieures communiquent toutes ensemble au moyen d'une tige métallique partant de l'intérieur de chacune d'elles pour aboutir à cette tige commune. Les garnitures extérieures

communiquent également entre elles au moyen d'une lame d'étain qui revêt le fond de la boîte où tout cet ensemble est placé. Cette boîte communique elle-même avec le sol par une chaîne métallique qui pend au dehors jusqu'à terre, et met en communication avec le sol toutes les garnitures extérieures.

Les premières batteries électriques employées par Franklin ne se composaient pas de bouteilles de Leyde proprement dites : elles consistaient dans la réunion d'un certain nombre de *carreaux fulminants*, c'est-à-dire de grands carreaux de

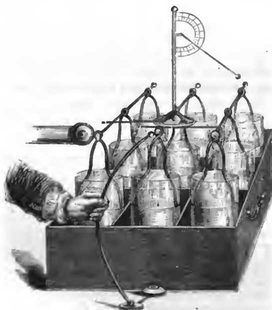


Fig. 15.

vitre, munis de chaque côté d'une mince lame de plomb et supportés par des cordons de soie (1). Dans la suite de ses

(1) « D'après cela nous avons fait ce que nous appelons une *batterie* « *électrique*, consistant en onze grands carreaux de vitre armés de lames

expériences, Franklin se servit d'une batterie électrique telle que la représente la figure précédente (fig. 15).

Ajoutons, pour terminer cet exposé des travaux de Franklin, que, dans le cours des recherches que nous venons d'analyser, il fit encore, avec le secours de Kinnersley, « son ingénieux voisin, » plusieurs expériences curieuses dont on ne manque pas de rendre témoins aujourd'hui les auditeurs des cours de physique. Entre autres expériences de ce genre, c'est-à-dire concernant les effets de l'électricité statique, nous citerons, comme ayant été exécutées pour la première fois par Franklin ou Kinnersley, celles du *tube étincelant*, — de la *bouteille de Leyde étincelante*, — du *carreau magique*, — du *carillon électrique*, dont il a été question plus haut, — du *thermomètre de Kinnersley*, — du *perce-carte*, — du *perce-verre*, etc. Nous n'entrerons dans aucun détail au sujet de ces expériences, qui ne répondent qu'à une intention de curiosité, qui ne constituent que des spectacles et récréations physiques bien connus aujourd'hui, et dont nous voulons seulement marquer ici l'origine historique. On nous permettra toutefois, pour donner une idée exacte de

« minces de plomb appliquées sur chaque côté, placés verticalement et « soutenus à deux pouces de distance sur des cordons de soie, avec des « crochets épais de fil de plomb, un de chaque côté, placés tout droit, à « une certaine distance ; avec des communications convenables de fil « d'archal et une chaine depuis le côté *donnant* d'un carreau, jusqu'au « côté *recevant* de l'autre ; de sorte que le tout puisse être chargé « ensemble et par la même opération, comme s'il n'y avait qu'un seul « carreau. Nous y avons ajouté encore une autre machine pour amener, « après la charge, les côtés donnants en contact avec un long fil d'ar- « chal et les côtés recevants avec un autre, afin que ces deux longs fils « d'archal puissent porter la force de tous les carreaux de verre à la fois « à travers le corps de quelque animal formant le cercle avec eux. Les « carreaux peuvent aussi être déchargés séparément, ou en tel nombre « à la fois que l'on voudra. Mais nous n'avons pas fait beaucoup d'usage « de cette machine, comme ne répondant pas parfaitement à notre inten- « tion, relativement à la facilité de la charge, par la raison donnée « sect. 10. » (*Œuvres de Franklin*, traduites de l'anglais par M. Barbeu-Dubourg. In-4, 1773, t. I, p. 27-28.)

ce genre de divertissements physiques qui plaisait tant à l'illustre physicien du nouveau monde, de citer, comme le spécimen le plus original en ce genre, l'expérience du *tableau magique du roi et des conjurés.*

« Voici de quelle manière, dit Franklin, se fait le *tableau magique* dont M. Kinnersley est l'inventeur. Ayant un grand portrait gravé, avec un cadre et une glace, comme par exemple celui du roi (que Dieu bénisse !), ôtez-en l'estampe et coupez-en une bande à environ 2 pouces du cadre tout autour ; quand la coupure prendrait sur le portrait, il n'y aurait pas d'inconvénient. Avec de la colle légère ou de l'eau gommée, collez sur le revers de la glace la bande du portrait séparée du reste, en la serrant et l'unissant bien : alors remplissez l'espace vide en dorant la glace avec de l'or ou du cuivre en feuilles; dorez pareillement le bord intérieur du derrière du cadre tout autour, excepté le haut, et établissez une communication entre cette dorure et la dorure du derrière de la glace; remettez la bordure sur la glace, et ce côté sera fini. Retournez la glace, et dorez le devant précisément comme le derrière, et, lorsque la dorure sera sèche, couvrez-la en collant dessus le milieu de l'estampe dont on avait retranché la bande, observant de rapprocher les parties correspondantes de cette bande et du portrait; par ce moyen, le portrait paraîtra tout d'une pièce comme auparavant, quoiqu'il y en ait une partie derrière la glace et l'autre devant... Tenez le portrait horizontalement par le haut, et posez sur la tête du roi une petite couronne dorée et mobile. Maintenant, si le portrait est électrisé modérément et qu'une personne empoigne le cadre d'une main, de sorte que ses doigts touchent la dorure postérieure et que, de l'autre main, elle tâche d'enlever la couronne, elle recevra une commotion épouvantable et manquera son coup. Si le portrait était fortement chargé, la conséquence pourrait bien en être aussi fatale (1) que celle du crime de *haute trahison*, car, lorsqu'on tire une étincelle à travers une main de papier couchée sur le portrait par le moyen d'un fil d'archal de communication, elle fait un trou à travers chaque feuillet, c'est-à-dire à travers quarante-

(1) Nous avons trouvé depuis qu'elle est fatale à de petits animaux, mais que son action n'est pas assez violente pour en tuer de grands; le plus gros que nous ayons tué est une poule.

huit feuilles (quoique l'on regarde une main de papier comme un bon plastron contre la pointe d'une épée ou même contre une balle de mousquet) (1), et le craquement est excessivement fort. Le physicien qui, pour empêcher l'estampe de tomber, la tient par le haut, à l'endroit où l'intérieur du cadre n'est pas doré, ne sent rien du coup et peut toucher le visage du portrait sans aucun danger, ce qu'il donne comme un témoignage de sa fidélité au prince. Si plusieurs personnes en cercle reçoivent le choc, on appelle l'expérience, *les conjurés*. »

La quatrième lettre de Franklin, où se trouve rapportée, avec plusieurs autres, l'expérience originale qui précède, se termine comme il suit :

« Étant un peu mortifiés de n'avoir pu jusqu'ici rien produire par nos expériences pour l'utilité du genre humain et entrant dans la saison des grandes chaleurs pendant lesquelles les expériences électriques ne réussissent pas si bien, nous avons pris la résolution de les terminer pour cette saison un peu gaiement, par une partie de plaisir sur les bords du Skuylkill. Nous nous proposons d'allumer de l'esprit-de-vin des deux côtés en même temps, en envoyant une étincelle de l'un à l'autre rivage à travers la rivière, sans autre conducteur que l'eau, expérience que nous avons exécutée depuis peu, au grand étonnement de plusieurs spectateurs. Nous tuerons un dindon pour notre dîner par le choc électrique, il sera rôti à la broche électrique devant un feu allumé avec la bouteille électrisée, et nous boirons aux santés de tous les fameux électriciens d'Angleterre, de Hollande, de France et d'Allemagne dans des tasses électrisées, au bruit de l'artillerie d'une batterie électrique (2). »

C'est au milieu de ces sortes de récréations physiques, et même avec leur secours, que Franklin accomplit son immortelle analyse de la bouteille de Leyde, dont nous venons de présenter l'exposé.

(1) Avec une glace de 1200 pouces carrés, étamée sur ses deux faces, M. Dalibard a souvent percé jusqu'à 160 feuilles de papier à la fois.

(2) *Œuvres de Franklin traduites de l'anglais*, par M. Barbeu-Dubourg, in-4, t. I, p. 35-37.

Pendant que le philosophe américain réalisait ses belles découvertes, les électriciens d'Europe continuaient de se livrer à une foule d'expériences et de tentatives isolées, qu'ils variaient sans cesse sans en tirer le moindre fruit, et sans trouver une théorie satisfaisante pour expliquer les nombreux phénomènes que la science enregistrait chaque jour. Les physiciens les plus célèbres de la France, de l'Angleterre et de l'Allemagne, les membres les plus éminents des académies européennes, ne pouvaient que signaler confusément des faits observés d'une manière empirique, tandis qu'un nouveau venu, un homme sans notoriété dans les sciences, les lettres ou les arts, composait, à deux mille lieues de l'Europe, la théorie rationnelle des phénomènes électriques, et soumettait à une victorieuse analyse la bouteille de Mussenbrock. Toutefois, ces grandes découvertes n'étaient elles-mêmes qu'un prélude, elles ne marquaient que le premier pas vers un triomphe plus éclatant encore. Il restait au philosophe américain à étonner le monde par une de ces découvertes qui dévoilent toute la puissance et la portée de l'esprit humain, il lui restait à démontrer l'identité de la foudre et de l'électricité, et à appliquer cette idée à la création du paratonnerre.

LE PARATONNERRE

CHAPITRE PREMIER

Idées des anciens sur la foudre et les orages. — Opinions des philosophes et des physiciens, dans les XVIIe et XVIIIe siècles, sur la cause du tonnerre : Théorie de Descartes, de Boerhaave. — Théorie classique du XVIIIe siècle sur la nature de la foudre. — Moyens employés chez les anciens pour écarter la foudre. — Temps mythologiques : Prométhée, Salmonée, Zoroastre. — Temps historiques : Numa et Tullus Hostilius. — Sylvius Alladas. — Aruns. — Les médailles de M. La Boëssière. — Le temple de Jérusalem. — Les vignes blanches et les peaux de veau marin employées chez les Romains pour écarter la foudre. — Épées plantées en l'air par les compagnons de Xénophon. — Les Thraces déchargent des flèches contre les nuages orageux. — Procédé de l'alchimiste Abraham de Gotha. — Les perches plantées en terre, recommandées par Gerbert. — Conclusion.

L'imposant météore de la foudre a toujours fortement impressionné l'esprit des hommes. Les nuées qui s'entr'ouvrent, et font jaillir subitement une éblouissante clarté ; le tonnerre qui retentit en roulements prolongés, et dont les échos répercutent au loin et redoublent les grondements sinistres ; la foudre qui s'élance en traits de feu, et porte sur son passage la destruction et la mort ; tout cet ensemble d'un phénomène effrayant et majestueux a de tout temps exercé sur l'imagination une influence profonde. Dans l'enfance des peuples, avec les préjugés qui obscurcissaient l'esprit des sociétés primitives, on ne put s'empêcher d'attribuer à ce phénomène une source divine, d'y voir la manifestation du courroux des dieux. Ces signes effrayants qui brillaient

au sein des airs, reproduisaient avec tant de fidélité tout ce qu'avaient évoqué l'imagination des poëtes ou les menaces des prêtres, qu'il était presque impossible que l'on n'y trouvât point un témoignage du ciel armé contre la terre, ou l'indice de la présence des dieux irrités. Les anciens législateurs et les premiers rois ne manquèrent pas de profiter largement d'un fait naturel qui prêtait tant de poids à leur autorité, qui retenait par la crainte les peuples dans le devoir, et qui était si propre à les maintenir dans une erreur favorable à leurs desseins politiques. Aussi voit-on cette idée de l'origine divine du tonnerre apparaître dès les premiers temps de l'humanité, se montrer uniformément au berceau de chaque nation, et persévérer chez les anciens peuples avec une constance invincible.

Les premiers philosophes de la Grèce tentèrent, par leurs poétiques fictions, de modifier cette notion primitive et universelle dans un sens plus en harmonie avec le caractère de la religion païenne. Pour les Grecs, le tonnerre et les éclairs provenaient des Cyclopes, occupés dans les cavernes de Lemnos à forger les foudres qui devaient servir aux vengeances de Jupiter. Mais le don de lancer le tonnerre était réservé à la plus puissante des divinités de l'Olympe, et c'est avec cet attribut symbolique, c'est-à-dire la foudre en main, que la religion païenne a toujours représenté le père des dieux.

Les Romains, aussi bien que tous les peuples de l'Asie, partagèrent cette croyance que le tonnerre était une manifestation spéciale et caractéristique de la Divinité. En vain Lucrèce avait-il essayé de réfuter en vers admirables cet antique préjugé (1) : le sentiment d'un poëte sceptique ne

(1) Postremo, cur sancta Deûm delubra, suasque
Discutit infesto præclaras fulmine sedes,
Et benè facta Deûm frangit simulacra? suisque
Demit imaginibus violento vulnere honorem ?
(Lib. VI, vers 416.)

pouvait opposer qu'une barrière bien faible à une superstition populaire dérivée de la religion, et en apparence justifiée par les faits.

On continua donc, chez les Romains, à considérer la foudre et les orages comme une manifestation spéciale de la volonté des dieux ; cette opinion se transmit et se maintint après eux, chez presque tous les peuples de notre hémisphère.

On connaît l'impression que produisirent sur l'esprit des habitants du Nouveau Monde les mousquets et les canons des Espagnols. Si tout fuyait à l'approche des soldats de Pizarre et de Cortès, c'est que ces hordes sauvages ne pouvaient que regarder comme des dieux vengeurs des conquérants qui s'avançaient tenant dans leurs mains la foudre et les éclairs.

Lorsqu'au XVI[e] siècle les saines lumières de la philosophie vinrent dissiper les épaisses ténèbres où les esprits s'égaraient depuis si longtemps, les hommes, moins crédules et un peu plus observateurs, osèrent envisager de plus près ce redoutable météore. Il est assez remarquable que ce soit Descartes, l'immortel promoteur, dans notre pays, de la philosophie nouvelle, qui ait essayé le premier de découvrir la cause du tonnerre. La théorie mise en avant par Descartes était erronée sans doute, mais elle avait du moins l'avantage de poser la question de manière à préparer pour l'avenir la solution du problème. Descartes pensait que le tonnerre se manifeste lorsque des nuages placés plus haut dans l'atmosphère tombent sur d'autres situés plus bas ; l'air contenu entre les deux nuages, étant comprimé par cette chute soudaine, produit, selon Descartes, un grand dégagement de chaleur, d'où résulte l'apparition de l'éclair et le bruit qui caractérise le tonnerre.

Meilleur physicien que Descartes, l'illustre Boerhaave a émis, après ce philosophe, une théorie du tonnerre plus for-

tement raisonnée, sans être pour cela plus vraie. Pour expliquer la chaleur qui provoque l'apparition des éclairs, Boerhaave admettait que de petites masses d'eau congelées au sein des nuages ont la propriété de concentrer les rayons solaires; ces petits amas de glace peuvent agir, selon Boerhaave, comme autant de lentilles convergentes pour condenser en un point unique une quantité considérable de rayons solaires, et déterminer en ce point une élévation extrême de température.

Dans ses Notes sur le *Cours de chimie de Lémery*, le chimiste Baron expose en ces termes la théorie de Boerhaave, qu'il adopte sans réserve :

« Cet excellent physicien (Boerhaave), nous dit Baron, prouve d'une manière très-satisfaisante, dans ses *Elementa chimica*, que les particules d'eau que l'action du soleil avait élevées en l'air, venant à se réunir plusieurs ensemble sous la forme de nuées, composent des masses de glace qui réfléchissent la lumière du soleil par celle de leurs surfaces qui regarde cet astre, tandis que leur surface opposée éprouve un froid glacial. S'il arrive donc, comme cela peut se rencontrer souvent, que plusieurs nuées soient disposées les unes à l'égard des autres de façon qu'elles fassent l'effet de plusieurs miroirs concaves dont les foyers concourent dans un foyer commun, on comprend aisément que les rayons du soleil, ainsi réfléchis et rassemblés dans un même lieu, doivent produire une chaleur excessivement prodigieuse. Le premier effet de cette chaleur sera de dilater considérablement l'air environnant et de causer une espèce de vide dans l'espace renfermé entre les nuées ; mais bientôt après, ces mêmes nuées venant à changer de situation et les foyers se trouvant détruits, l'eau, la neige, la grêle et généralement tout ce qui environne le vide dont nous avons parlé, mais surtout les grandes masses de glace qui forment les nuées mêmes, fondent avec une impétuosité sans pareille les unes vers les autres pour remplir ce vide. L'énorme vitesse du mouvement par lequel toutes ces matières sont emportées occasionne un frottement si violent de toutes les parties les unes contre les autres, qu'il s'ensuit non-seulement un bruit éclatant et quelquefois horrible, mais encore l'inflammation

de toutes les exhalaisons sulfureuses, grasses et huileuses qui se trouvent dans le voisinage, et dont l'air est toujours chargé abondamment pendant les grandes chaleurs. Ainsi il n'est pas étonnant que le tonnerre soit presque toujours accompagné d'éclairs... »

L'idée de Boerhaave sur la concentration des rayons solaires par de petites masses d'eau congelée flottant au sein des nues ne fut pas acceptée, car on ne pouvait admettre que les rayons du soleil traversassent, sans les fondre, ces corpuscules de glace. Mais la seconde idée présentée par l'illustre physicien hollandais resta universellement adoptée, car elle répondait à une opinion fort en faveur depuis l'antiquité. On admit donc, avec Boerhave, que le phénomène des éclairs et de la foudre provenait de l'inflammation de toutes les exhalaisons sulfureuses, grasses, huileuses et essentiellement combustibles qui, émanées de la terre, viennent se réunir et s'accumuler dans les airs. Cette explication physique du tonnerre, fort plausible pour cette époque, devint la théorie dominante, l'opinion classique jusqu'au milieu du XVIIIe siècle ; c'est contre elle que dut lutter plus tard la théorie des électriciens.

Ainsi, dans l'opinion des physiciens de cette époque, on considérait la matière du tonnerre comme un mélange de toutes sortes d'exhalaisons terrestres, susceptibles de s'enflammer, soit par l'effet d'une fermentation spéciale, soit par le choc et la pression des nuées que les vents agitent et poussent violemment les unes contre les autres. Lorsqu'une portion considérable de ce mélange vient à prendre feu, disait-on, il se fait une explosion plus ou moins forte, suivant la quantité ou la nature des matières qui s'enflamment.

Comme cette théorie du tonnerre a joué un grand rôle dans l'histoire de la physique, nous croyons utile de la préciser exactement. Pour en donner une idée complète, nous citerons un passage de la *Météorologie* du père Cotte, dans

lequel l'auteur développe et commente avec lucidité la théorie admise de son temps sur la cause du tonnerre :

« Si l'inflammation des exhalaisons terrestres se fait sur une médiocre quantité de matières, et au bord de la nuée, dit le père Cotte, cet effet se passe sans bruit, au moins à notre égard, il n'en résulte qu'un éclat de lumière, à peu près comme si nous apercevions de loin une certaine quantité de poudre qui s'enflammât librement et en plein air, sans être renfermée. Voilà l'éclair qui nous éblouit sans nous rien faire entendre, et qu'on appelle *éclair de chaleur.*

« Qu'une plus grande quantité de cette même matière vienne à fermenter dans le corps même de la nuée, aussitôt grande effervescence, bouillonnement explosion ; et si cette première portion, éclatant ainsi, en rencontre une semblable qui n'ait point tout ce qu'il lui faut de mouvement pour éclater elle-même, elle l'anime de son action, et celle-ci une troisième ; de proche en proche il se fait une suite d'explosions d'autant plus violentes, que ces matières seront enveloppées de nuages plus épais. C'est ainsi, dit-on, que se font ces coups simples et redoublés qu'on entend quand il tonne, et dont les échos peuvent encore augmenter la durée. Voilà ce qu'on appelle *tonnerre* proprement dit.

« La nuée, entr'ouverte par les grandes explosions, laisse échapper une partie de ces feux qu'elle renferme ; autant de fois que cela arrive, c'est un éclair plus vif que les précédents, et qui annonce un coup, que nous n'entendons pourtant que quelques instants après, parce que le bruit ou le son ne se transmet pas avec autant de promptitude que la lumière. Suivant l'expérience de M..., de l'Académie des sciences, on doit compter [cent soixante-treize toises pour chaque seconde de temps, ou chaque battement de pouls, qui s'écoule entre le moment où l'on voit l'éclair et celui où on entend le tonnerre. Si on ne l'entend, par exemple, qu'après quatorze secondes, c'est une preuve que la nuée est éloignée d'une lieue commune de France, de deux mille quatre cent cinquante toises, au lieu que la lumière, n'employant que sept minutes à venir du soleil jusqu'à nous, parcourt en une seconde soixante-dix-huit mille cent soixante-sept lieues, et en quatorze secondes un million quatre-vingt-quatorze mille trois cent trente-huit lieues ; il n'y a donc pas d'intervalle sensible

entre le moment où l'éclair sort du nuage et celui où nous le voyons.

« Dans le moment où on entend le tonnerre, il sort une vapeur enflammée qu'on appelle *la foudre*, qui crève la nuée, tantôt par en haut, tantôt par en bas ou de côté, qui s'élance avec une vitesse proportionnée à son explosion, comme la poudre qui s'enflamme dans une bombe porte son action aux environs, quand elle a brisé le métal qui la retenait. La foudre part donc à chaque coup de tonnerre qui est précédé d'un éclair, mais elle ne frappe les objets terrestres que quand elle éclate dans une direction qui l'y conduise. »

Pour prêter de la force à cette théorie, les physiciens du dernier siècle invoquaient les observations et les découvertes de la chimie encore à sa naissance. On comparait à celui des chimistes le grand laboratoire de l'univers. La terre, disait-on, est une source continuelle de vapeurs et d'exhalaisons qui s'élèvent dans les airs. Les trois règnes de la nature sont soumis à cette loi. Les animaux perdent sans cesse, par la transpiration, une partie de leur substance ; de la surface extérieure des plantes, s'exhalent continuellement des matières vaporisées, qui sont quelquefois, grâce à leur odeur, appréciables à nos sens; les diverses substances qui composent le règne minéral ne font pas exception à cette règle, et l'eau qui est répandue sur le globe en si grande abondance, se trouve aussi dans un état continuel d'évaporation. Ces vapeurs et ces exhalaisons différentes, qui sont composées, disait-on, de soufre, de bitume, de nitre ou de sel, en un mot de toutes les substances sulfureuses, grasses, inflammables et volatiles des animaux, végétaux et minéraux, s'élèvent dans l'atmosphère ; elles y flottent au gré des vents, et y subissent une infinité de combinaisons. On ajoutait que la chaleur du soleil, le mouvement dont tous les corps sont animés, les feux souterrains, etc., élèvent dans les airs des particules oléagineuses, salines, sulfurées et aqueuses. Mêlées et combinées par le souffle des vents, ces matières

peuvent fermenter et s'enflammer. Cet effet se produit dans les moments d'orage. Les exhalaisons terrestres sont alors agitées et réunies ; leur mélange, leur choc et leur frottement les font fermenter toutes à la fois. Il résulte de cette fermentation générale une inflammation de ces divers fluides, et une détonation qui constitue la foudre. Les vapeurs terrestres, disait-on, peuvent s'embraser dans l'air, comme le font, dans le cabinet du physicien, divers produits inflammables. On citait en exemple la poudre à canon et les diverses compositions détonantes que l'on savait préparer à cette époque, telles que l'*or* et l'*argent fulminant*. Les nombreux *pyrophores* que les physiciens étudiaient alors avec tant de curiosité, le *pyrophore de Homberg* et celui de *Geoffroy*, le *volcan de Lémery* (sulfure de fer), le *phosphore de Brandt* et de *Kunckel*, c'est-à-dire notre phosphore actuel, n'étaient pas oubliés dans cette énumération des substances qui peuvent s'enflammer dans l'air, ou produire une détonation par le choc.

Nous ne nous arrêterons pas à combattre cette théorie qui n'appartient plus qu'au domaine de l'histoire. Il nous a paru utile de l'exposer avec détails, afin de montrer qu'elle reposait sur des considérations très-spécieuses, et de faire comprendre les difficultés qu'elle opposa plus tard à la doctrine des électriciens.

Nous venons d'exposer l'opinion générale qui eut cours dans la science au sujet de la cause du tonnerre jusqu'à la découverte des phénomènes électriques. Il sera utile maintenant de passer en revue les moyens qui ont été proposés ou mis en œuvre, depuis l'antiquité jusqu'à la même époque, pour se garantir de la foudre. Ce sont les idées pratiques des anciens que nous allons rappeler, en ce qui concerne ce météore, après avoir fait connaître leurs opinions théoriques.

Servius, parlant de l'art de conjurer la foudre, nous trans-

porte à l'époque la plus reculée de l'humanité. Cet écrivain latin, qui vivait sous Théodose le Jeune, est auteur de commentaires estimés sur les œuvres de Virgile. A propos du vers où ce poëte dépeint Jupiter ratifiant, par l'explosion de la foudre, le pacte des nations troyenne et latine (1), Servius prétend que Prométhée découvrit et révéla aux hommes le moyen de faire descendre le feu du ciel : « Les premiers « habitants de la terre, dit Servius, n'apportaient point de « feu sur les autels; mais, par leurs prières, ils y faisaient « descendre (*eliciebant*) un feu divin. »

Selon le même auteur, c'est Prométhée qui leur avait révélé ce secret : « Prométhée, dit Servius, découvrit et révéla « aux hommes l'art de faire descendre la foudre (*eliciendorum fulminum*)... Par le procédé qu'il leur avait enseigné, ils faisaient descendre le feu de la région supérieure « (*supernus ignis eleciebatur*) (2). » Entre les adeptes, possesseurs de ce secret, Servius compte Numa et Tullus Hostilius.

Le mythe de Salmonée remonte au delà des temps historiques. Selon le récit des prêtres, Salmonée, roi d'Élide, eut l'audace de vouloir imiter la foudre. Pour cela, il lançait son char sur un pont d'airain et, secouant de tous côtés des torches brûlantes, il imitait le bruit et l'éclat du tonnerre. D'après les historiens, les dieux foudroyèrent Salmonée pour cette tentative audacieuse et impie. Mais comment s'arrêter à cette opinion des anciens ? Comment le bruit d'un pont de bronze pouvait-il se faire entendre, comme le dit Virgile, « de tous les peuples de la Grèce (3). »

(1) « Audiat hæc genitor qui fulmine fœdera sancit. »
(Virgil., *Æneid.*, lib. XII, vers 200.)

(2) Deprehendit præterea rationem fulminum eliciendorum et hominibus indicavit; undè cœlestem ignem dicitur esse furatus : nam quàdam arte ab eodem monstratâ supernus ignis eliciebatur, qui mortalibus profuit, donec eo benè usi sunt : nam posteà malo hominum usu in perniciem eorum eversi sunt. — Servius *in Virgil.*, eclog. VI, vers. 42.

(3) Virgil., *Æneid.*, lib. VI, vers. 585 et sequentes.

Eustathius, dans son commentaire sur l'Odyssée, met en avant des idées moins puériles. Il représente Salmonée comme un savant qui s'efforçait d'imiter le bruit et l'éclat du tonnerre et qui périt au milieu de ses dangereux essais (1).

Le savant Eusèbe Salverte qui, dans son ouvrage sur les *Sciences occultes*, a consacré un long chapitre à signaler les connaissances des anciens dans l'art de conjurer la foudre, n'est pas éloigné de croire que Salmonée possédait en effet quelque méthode qui permettait « de soutirer des nuages la « matière électrique, et de l'amasser au point de déterminer « bientôt une effrayante explosion. » Il fait remarquer à l'appui de ses conjectures, qu'en Élide, théâtre des succès de Salmonée et de la catastrophe qui y mit un terme, on voyait, auprès du grand autel du temple d'Olympie, un autel (2) entouré d'une balustrade, et consacré à Jupiter *Catabatès* (qui descend) : « Or ce surnom fut donné à Jupi- « ter pour marquer qu'il faisait sentir sa présence sur la « terre *par le bruit du tonnerre*, *par la foudre*, *par les* « *éclairs*, ou par de véritables apparitions (3). » En effet, plusieurs médailles de la ville de Cyrrhus, en Syrie, représentent Jupiter armé de la foudre ; au-dessous on lit le mot *Catabatès* ; il est difficile, ajoute Eusèbe Salverte, de marquer plus fortement la liaison qui existait entre cette épithète et la *descente* de la foudre.

Parmi les anciens peuples de l'Asie, on peut aussi retrouver des traces curieuses qui se rattachent, d'une manière plus ou moins claire, à l'art de conjurer la foudre. Elles se rapportent surtout à Zoroastre, le célèbre fondateur de la religion des Mages.

Khondémir rapporte que le démon apparaissait à Zoroas-

(1) Eustath. *in Odyss.*, lib. II, vers. 234.
(2) Pausanias. *Eliac.*, lib. I, cap. XIV.
(3) *Encyclop. méthod. Antiquités*, t. I, art. *Catabatès*.

tre *au milieu du feu,* et qu'il imprima sur son corps une marque lumineuse (1). Suivant Dion Chrysostome (2), lorsque Zoroastre quitta la montagne où il avait longtemps vécu dans la solitude, il parut tout brillant d'une flamme inextinguible, *qu'il avait fait descendre du ciel.* L'auteur des *Récognitions,* attribuées à saint Clément d'Alexandrie (3), et Grégoire de Tours (4), affirment que, sous le nom de Zoroastre, les Perses révéraient un fils de Cham, qui, par un prestige magique, faisait *descendre le feu du ciel,* ou persuadait aux hommes qu'il avait ce miraculeux pouvoir.

Une tradition, répétée par plusieurs auteurs anciens, rapporte que Zoroastre, roi de la Bactriane, périt brûlé par le démon qu'il importunait trop souvent pour répéter son brillant prodige. Ces expressions semblent désigner un physicien qui, répétant plusieurs fois une expérience dangereuse, négligea un jour de prendre les précautions nécessaires et tomba victime de cet oubli.

Suidas (5), Cédrénus et la *Chronique d'Alexandrie* disent que Zoroastre, assiégé dans sa capitale par Ninus, demanda aux dieux d'être frappé de la foudre, et qu'il vit son vœu s'accomplir, après qu'il eut recommandé à ses disciples de garder ses cendres comme un gage de la durée de leur puissance. Suivant une autre tradition qui diffère peu de la précédente, Zoroastre, décidé à mourir pour ne point tomber au pouvoir du vainqueur, dirigea la foudre contre lui-même ; par un dernier miracle de son art, il se donna une mort extraordinaire, bien digne de l'envoyé du ciel et du pontife ou de l'instituteur du culte du feu.

De quelques textes confus qui se rapportent au fondateur

(1) D'Herbelot, *Biblioth. orientale,* art. ZERDASCHT.
(2) Dion Chrysost. *Orat. Borysthen.*
(3) *Recogn.* lib. IV.
(4) Greg. Turon. *Hist. Franc.,* lib. I, cap. v.
(5) Suidas, verbo *Zoroastris.* — Glycas., *Annal.,* p. 129.

de la religion des Mages et à celles de ses opérations cabalistiques où il est question de la foudre, on a cru pouvoir induire que Zoroastre avait des notions sur l'électricité ; qu'il avait trouvé le moyen de faire descendre la foudre des cieux ; qu'il s'en servit pour opérer les premiers miracles destinés à prouver sa mission prophétique, et surtout pour allumer le feu sacré qu'il offrit à l'adoration de ses sectateurs. On a encore ajouté qu'entre les mains de Zoroastre et de ses disciples le feu céleste devint un instrument destiné à éprouver le courage des initiés, à confirmer leur foi et à éblouir leurs yeux de cette splendeur immense, impossible à soutenir par des regards mortels, qui est à la fois l'attribut et l'image de la Divinité.

Comme ces traditions appartiennent à des temps très-reculés, il est impossible de prononcer rigoureusement sur l'opinion d'Eusèbe Salverte, qui attribue à Zoroastre et à ses disciples des connaissances dans l'art d'écarter la foudre. Il nous suffit de les mentionner.

En arrivant à des temps plus historiques, nous trouvons les faits, bien souvent cités, de Numa Pompilius, second roi de Rome, et de son successeur Tullus Hostilius.

Ovide nous a transmis dans ses *Fastes*, l'histoire légendaire de Numa, qu'il expose comme il suit.

A une époque où le tonnerre exerçait de continuels ravages en Italie, Numa chercha à *apaiser la foudre* (*fulmen piare*), c'est-à-dire, en quittant le style figuré, le moyen de rendre ce météore moins malfaisant. Dirigé par la nymphe Égérie, il obtint la révélation de ce secret, au moyen d'une surprise dont furent victimes Faunus et Martius Picus, dieux des forêts, ou prêtres des divinités étrusques. Trouvant sur leur route des coupes pleines de vin parfumé, que Numa y avait placées avec intention, ces dieux étourdis se laissent aller à fêter trop largement le délicieux breuvage. Quand ils sont privés de leurs sens par les fumées d'un vin généreux, Numa

survient et les garrotte sans peine. Sortant de leur sommeil, Faunus et Picus essayent en vain de briser leurs chaînes. Alors le monarque romain se répand en compliments respectueux, il leur demande pardon de l'extrême liberté qu'il a prise, protestant qu'il ne veut leur faire aucun mal, et laissant entrevoir qu'il pourrait les délivrer à cette condition :

Quoque modo possit fulmen monstrare piari,

c'est-à-dire de lui apprendre la manière d'apaiser, de conjurer la foudre.

Cette demande hardie n'est point absolument rejetée par Faunus, qui répond simplement :

Di sumus agrestes, et qui dominemur in altis
Montibus : arbitrium est in sua tela Jovi.
Hunc tu non poteris per te deducere cœlo ;
At poteris nostrâ forsitan usus ope.

Martius Picus reconnaît aussi qu'il possède l'*ars valida*, et qu'il est disposé à le transmettre. Le marché se conclut, le secret est révélé, et l'on prend jour pour le mettre à l'épreuve. Au jour fixé, Numa et les siens se rassemblent solennellement.

Le soleil se levait radieux aux courbes lointaines de l'horizon, lorsque Numa, la tête voilée de blanc, élève ses mains au ciel, et demande que la promesse des dieux soit remplie.

Dùm loquitur, totum jam sol emerserat orbem,
Et gravis æthereo venit ab axe fragor.
Ter tonuit sine nube Deus, tria fulgura misit.

« Tandis qu'il parle, le disque entier du soleil s'est montré ;
« un bruit éclatant retentit au plus haut des airs. Dans un
« ciel sans nuages, Jupiter a tonné trois fois, et trois éclairs
« ont resplendi. » Alors la voûte d'azur s'ouvre dans les cieux, et le bouclier sacré tombe aux pieds du monarque.

C'est d'après ce récit mythologique d'Ovide que beaucoup

de commentateurs ont cru pouvoir admettre que Numa apprit des prêtres étrusques le secret de conjurer la foudre et de la faire descendre, inoffensive, du sein des nuées.

S'il faut en croire les historiens de Rome, Numa Pompilius répéta plusieurs fois, avec succès, cette expérience religieuse. N'employant ce secret que pour le service des dieux, il put en user sans être puni. Mais il en fut autrement de son successeur Tullus Hostilius, qui, ayant voulu dénaturer l'emploi de l'arcane divin, fut frappé de mort.

Tite-Live et Pline ont raconté, sous la responsabilité de Lucius Pison et de ses *Annales anciennes*, comment le secret de Numa se transmit à Tullus Hostilius. Pline nous dit que Tullus apprit dans les livres de Numa l'art d'attirer le tonnerre, mais que l'ayant pratiqué d'une façon inexacte (*parum ritè*) il fut foudroyé (1). Il répète à peu près les mêmes paroles à un autre endroit de son ouvrage. Mais là, derechef, et toujours sur la foi des *Annales anciennes* de Pison (*gravis auctor*, nous dit-il), il affirme que la foudre pouvait être forcée à descendre du ciel par certains rites sacrés, ou par les prières, et il cite Porsenna, roi des Volsques, qui l'avait évoquée aussi de la même manière. Pline ajoute que l'on eut recours à ce moyen pour délivrer la ville de *Volsinies*, dans l'Étrurie, d'un monstre qui les ravageait. Ce monstre avait reçu le nom de *Volta*, rencontre bien originale, il faut l'avouer, si l'on se rappelle le nom de Volta, le célèbre physicien de Pavie qui s'est tant illustré par ses découvertes sur l'électricité (2).

(1) L. Piso primo Annalium, auctor est Tullum Hostilium regem ex Numæ libris, eodem quo illum sacrificio Jovem cœlo devocare conatum, quoniam parùm ritè quædam fecisset, fulmine ictum. (Plinii *Hist. nat.*, lib. XXVIII, cap. IV.)

(2) Exstat Annalium memoriâ, sacris quibusdam et precationibus, vel cogi fulmina, vel impetrari. Vetus fama Etruriæ est, impetratum Volsinios urbem, agris depopulatis subeunte monstro, quod vocavere Voltam. Evocatum est à Porsenna suo rege. (Plinii *Hist. nat.*, lib. II, cap. LIV.)

Tite-Live raconte avec un peu plus de développements les mêmes faits allégués par Pline : « On rapporte, dit Tite-« Live, que ce prince en feuilletant les Mémoires laissés par « Numa, y trouva quelques renseignements sur les sacrifices « secrets offerts à Jupiter *Elicius*. Il essaya de les répéter; « mais dans les préparatifs ou dans la célébration, il s'écarta « du rite sacré... En butte au courroux de Jupiter évoqué « par une cérémonie défectueuse (*sollicitati prava religione*), « il fut frappé de la foudre et consumé ainsi que son « palais (1). »

Ces diverses citations, quelque curieuses qu'elles soient, ne suffisent pourtant pas, selon nous, pour établir que Numa et Tullus Hostilius ont connu l'art de conjurer la foudre. Tout au plus pourrait-on en inférer que les premiers rois de Rome, pour imposer à la multitude, cherchèrent à faire croire qu'ils étaient investis de ce pouvoir.

Suivant Ovide et Denys d'Halycarnasse, Romulus, onzième roi des Albains (Sylvius Alladas), aurait trouvé, même avant Numa et Tullus Hostilius, le moyen de contrefaire le tonnerre et les éclairs. Eusèbe prétend que ce moyen consistait en une simple manœuvre, par laquelle ses soldats frappaient tous à la fois leurs boucliers de leurs épées (2), manière assez ridicule, il nous semble, d'imiter la foudre. Les dieux cependant prirent à cœur cette usurpation, ou pour mieux dire cette contrefaçon de leurs armes ordinaires, et le roi d'Albe tomba sous leur tonnerre vengeur.

Fulmineo periit imitator fulminis ictu (3).
« En imitant la foudre il périt foudroyé. »

On trouve dans la *Pharsale* de Lucain un passage très-cu-

(1) Tite-Live, liv. I, chap. XXXI.
(2) Euseb., *Chronic. Canon.*, lib. I, cap. XLV-XLVI.
(3) Ovid. *Metamorphos.*, lib. XIV, v. 617; *Fast.*, lib. IV, v. 90. — Dionys. Halic., lib. I, cap. XV.

rieux, peu remarqué jusqu'ici, et relatif au sujet qui nous occupe. Ce poëte prétend qu'un aruspice d'Étrurie, nommé Aruns, également versé dans la connaissance des mouvements du tonnerre et dans l'art divin d'interroger les entrailles des victimes et le vol des oiseaux,

Fulminis edoctus motus, venasque calentes
Fibrarum et monitus errantis in aera pennæ,

savait rassembler les feux de la foudre épars dans le ciel et les enfouir dans la terre (1).

Un érudit, membre de l'Académie du Gard, M. La Boëssière, a publié en 1822 un curieux mémoire qui traite des *Connaissances des anciens dans l'art d'évoquer et d'absorber la foudre* (2). M. La Boëssière rappelle dans ce mémoire l'existence de plusieurs médailles qui paraissent se rapporter à son sujet. L'une, décrite par Duchoul, représente le temple de Junon, déesse de l'air : la toiture qui recouvre cet édifice est armée de tiges pointues. L'autre médaille, décrite et gravée par Pellerin, porte pour légende : *Jupiter Elicius ;* le dieu y paraît la foudre en main ; en bas est un homme qui dirige un cerf-volant. Cette dernière médaille présenterait une coïncidence et un rapprochement fort singuliers avec le cerf-volant électrique de Franklin et de Romas. Mais

(1) Dumque illi effusam, longis anfractibus, urbem
Circumeunt, Aruns dispersos fulminis ignes
Colligit, et terræ, mœsto cum murmure, condit.
Datque locis numen.

« Pendant que cette procession (le cortége des aruspices et des autres prêtres convoqués pour une cérémonie religieuse, en vue de malheurs qui semblent menacer l'Étrurie) fait, avec de grands circuits, le tour de la ville, dont les habitants se pressent sur les pas du cortége, Aruns rassemble les feux dispersés de la foudre et les engouffre dans la terre avec un bruit sinistre. Les lieux sont ainsi consacrés. » (Lucani *Pharsala*, lib. I, vers. 606.)

(2) *Notice sur les travaux de l'Académie du Gard de* 1812 *à* 1821. Nîmes, 1822, 1re partie, p. 304 — 319. Le Mémoire de M. La Boëssière, lu en 1811, à l'Académie du Gard, n'a été publié qu'en 1822.

hâtons-nous d'ajouter que cette dernière médaille a été reconnue non authentique.

Dans son ouvrage sur la *Religion des Romains*, Duchoul cite d'autres médailles qui présentent l'exergue : XV *Viri sacris faciundis* (1) ; on y voit un poisson hérissé de pointes, placé sur un globe ou sur une coupe : M. La Boëssière pense qu'un poisson ou un globe, ainsi armé de pointes, fut le conducteur employé par Numa pour soutirer des nuages le feu électrique. Et, rapprochant la figure de ce globe de celle d'une tête couverte de cheveux hérissés, il donne une explication ingénieuse et plausible du singulier dialogue de Numa avec Jupiter, dialogue rapporté par Valérius Autias, et tourné en ridicule par Arnobe (2), sans que probablement ni l'un ni l'autre le comprît.

Les Hébreux ont-ils eu connaissance de l'électricité?

Ben-David avait avancé que Moïse possédait quelques notions de ces phénomènes : un savant de Berlin, M. Hirt, a tenté d'appuyer cette conjecture d'arguments plausibles (3). Mais un autre érudit allemand, Michaëlis, est allé plus loin (4).

Dans une correspondance avec Lichtenberg, sur l'*effet des flèches qui surmontaient le temple de Salomon,* Michaëlis fait observer que durant un laps de temps de mille années, le temple de Jérusalem paraît n'avoir jamais été atteint par le feu du ciel. Ce dernier fait n'est pas susceptible de preuves positives. La remarque de Michaëlis acquiert pourtant un certain degré d'importance, si l'on considère, avec Arago, que les anciens auteurs mentionnaient avec un soin remarquable les accidents de cet ordre arrivés à leurs monuments publics. Une forêt de flèches dorées, ou à pointes d'or très-

(1) C'étaient les *quindecemvirs*, ou les quinze prêtres préposés aux cérémonies.

(2) Arnob., lib. V.

(3) *Magasin encyclop.*, année 1813, t. IV, p. 415.

(4) *De l'effet des pointes placées sur le temple de Salomon* (*Magasin scientifique de Gœttingue*, 3e année, 5e cahier, 1783.)

aignës, couvrait le toit du temple de Jérusalem, et au moyen des conduits métalliques établis pour l'écoulement des eaux, ce toit communiquait avec les citernes et les cavités de la montagne sur laquelle le temple était bâti. Comme les toits, les murs et les poutres, les planchers et les portes de chaque appartement étaient dorés, il résultait de l'ensemble de ces dispositions un système de conducteurs parfait pour l'écoulement du fluide électrique.

L'historien Josèphe, en décrivant l'extérieur du temple de Jérusalem, nous dit qu'il était partout revêtu de pesantes plaques d'or (1), et que pour empêcher les oiseaux de souiller le toit de leurs excréments, on l'avait hérissé de baguettes pointues d'or ou revêtues d'or. Plus loin, décrivant le combat des prêtres contre les Romains après l'incendie du temple, Josèphe nous apprend que les prêtres juifs arrachèrent les *flèches* dont le temple était surmonté, ainsi que les masses de plomb dans lesquelles ces flèches étaient enchâssées, et qu'ils s'en servirent comme de projectiles de guerre. Roland, dans ses annotations sur ce passage, déclare qu'il faut entendre par là les pointes de fer, *obelos ferreos*, placées sur le toit du temple pour éloigner les oiseaux.

On ne saurait mettre en doute que ces dispositions architecturales du temple de Jérusalem n'aient eu pour résultat constant de détourner la foudre. Mais rien ne prouve qu'aucune intention scientifique eût présidé à l'érection de ces verges métalliques couronnant l'édifice. L'historien Josèphe nous fait connaître la destination de ces verges quand il dit qu'elles avaient pour objet d'empêcher les oiseaux de souiller le toit de leurs excréments, et nous ne voyons pas pourquoi on irait chercher en dehors de ce texte une explication qui oblige à prêter aux Hébreux des connaissances scientifiques qu'on ne leur a jamais accordées.

(1) Πλαξὶ γὰρ χρυσοῦ στιβάραις κεκαλυμμένος πάντοθεν.

La première indication positive d'une méthode destinée, chez les anciens, à protéger les maisons contre le feu du ciel, se trouve dans l'ouvrage de Columelle. Cet écrivain établit, en termes exprès, que Tarchon, disciple du magicien Tagès, et fondateur de la théurgie étrusque, abritait son habitation en l'entourant de vignes blanches :

Utque Jovis magni prohiberet fulmina Tarchon
Sæpè suas sedes percinxit vitibus albis (1).

On sait que le temple d'Apollon fut, dans le même but, environné de lauriers (2). Une croyance semblable se retrouvait parmi les habitants de l'Hindoustan, qui employaient comme préservatifs contre la foudre les plantes grasses dont ils entouraient leurs demeures.

Un tel moyen d'écarter la foudre n'avait rien de sérieux ; aussi voyons-nous dans Pline lui-même, que presque toutes les tours élevées devant Terracine et le temple de Féronia ayant été détruits par le feu du ciel, les habitants renoncèrent à ce singulier genre de retranchements.

Pline prétend encore que le tonnerre ne descend jamais dans le sol à plus de cinq pieds de profondeur, et que les personnes craintives couvrent leurs maisons de peaux de phoques, les seuls animaux marins que le tonnerre ne frappe jamais (3).

On voit que les anciens avaient des idées fort étranges sur l'art d'écarter la foudre, et que les moyens qu'ils préconisaient dans ce but n'étaient pas marqués au coin de la raison ou de l'observation.

(1) *De re rustica*, lib. X.

(2) Pline attribue au laurier cette propriété singulière : « Ex iis quæ terrâ gignuntur, lauri fruticem non icit. » (Plinii *Hist. nat.*, lib. II, cap. LVI.)

(3) Ideo pavidi altiores specus tutissimos putant ; aut tabernacula è pellibus belluarum quas vitulos appellant ; quoniam hoc solum animal ex marinis non percutiat. (Plin. *Hist. nat.*, lib. I, cap. LVI. Voir aussi Joseph. *Antiq. Jud.*, lib. III, cap. VI, § 4.)

Ctésias de Gnide, un des compagnons de Xénophon, raconte dans un passage qui nous a été conservé par Photius, qu'il avait reçu deux épées, l'une des mains de Parisatis, mère d'Artaxercès, l'autre des mains du roi lui-même. Il ajoute : « Si on les plante dans la terre, la pointe en haut, « elles écartent les nuées, la grêle et les orages. Le roi en « fit l'expérience devant moi à ses risques et périls (1). »

Ce qu'on peut objecter contre le moyen dont parle Ctésias, c'est son insuffisance pour écarter les orages, attendu qu'une simple tige pointue de quelques pieds de hauteur, comme une épée plantée dans le sol, n'a jamais joui d'un tel pouvoir. Comment d'ailleurs accorder le moindre crédit à l'assertion de cet historien, quand on voit Ctésias affirmer, dans le même chapitre, qu'il a connaissance d'une fontaine de seize coudées de circonférence, sur une *orgye* de profondeur, qui, tous les ans, se remplissait d'un or liquide, dont on pouvait charger cent cruches.

Le moyen dont parle Ctésias, par son inefficacité absolue, doit donc être placé sur la même ligne que celui signalé par Hérodote, qui prétend que les anciens Thraces désarmaient les nuages orageux en lançant leurs flèches contre le ciel.

Les alchimistes ont cité avec complaisance un procédé pour faire de l'or au moyen de la foudre mise en bouteille. Ce procédé est rapporté par un vieux cabaliste nommé Holfergen, comme ayant été découvert par Abraham de Gotha, adepte de l'art hermétique. Abraham de Gotha se serait fait sans doute un nom célèbre dans l'histoire de l'alchimie, sans une circonstance fâcheuse ; il fut pendu à l'âge de trente-six ans pour cause de sortilége.

Pour faire de l'or, le disciple d'Hermès conseillait de recueillir la foudre dans une fiole pleine d'eau. Après avoir fait évaporer lentement le liquide, en récitant certaines

(1) Ctesias in *Indic. apud Photium.* (*Bibl. cod.* LXXII.)

oraisons, cet heureux adepte retrouvait toujours au fond de sa cornue une masse d'or d'un poids égal à celle de l'éclair qu'il avait su liquéfier.

Notre cabaliste ne paraît nullement douter du fait; il prétend même que cette recette fut pratiquée bien avant Abraham de Gotha par les Gaulois, du temps de César :

« Ces morceaux d'or, retrouvés dans les lacs des Gaules, nous dit-il, n'étaient que de la foudre concrétée. En temps d'orage, les Héduens et les Tolosains se couchaient près des fontaines, après avoir allumé une torche et planté à côté d'eux leur épée nue la pointe en haut. Il advenait, que la foudre tombait souvent sur la pointe de l'épée, sans faire de mal au guerrier, et s'écoulait innocemment dans l'eau où, après s'être liquéfiée, elle finissait par se solidifier dans les temps de grande chaleur. »

S'il faut s'en rapporter aux *Lettres de Gerbert*, qui ont été publiées récemment par M. Barse (d'Aurillac), ce moine savant qui, au xe siècle, obtint la tiare pontificale sous le nom de Sylvestre II, aurait inventé, dans les derniers temps de sa vie, le moyen d'écarter la foudre. Quand l'orage grondait, Gerbert faisait planter en terre de longs bâtons terminés par un fer de lance très-aigu. Jalonnés de distance en distance, ces pieux empêchaient les effets désastreux des orages. Mais le moyen employé par le pape Sylvestre ne pouvait pas jouir de beaucoup plus d'efficacité pour écarter la foudre que les épées plantées en terre par les soldats Éduens, par cette raison qu'il ne suffit pas d'élever en l'air un corps pointu pour annuler les effets de l'électricité atmosphérique, mais qu'il faut que ce corps, choisi parmi les meilleurs conducteurs de l'électricité, soit mis lui-même en communication avec une partie humide, dans les profondeurs du sol, au moyen d'une tige ou d'une chaîne très-conductrice de l'électricité. Privées de conducteurs, ces tiges pointues ne peuvent qu'attirer la foudre au lieu de la détourner.

Pour terminer cette revue des moyens dont les anciens auteurs ont parlé comme propres à écarter la foudre, nous pouvons ajouter qu'au siècle de Charlemagne, on élevait dans les champs de longues perches, espérant prévenir ainsi la grêle et les orages. Mais hâtons-nous d'ajouter, pour réduire ce fait à sa valeur réelle, que ces perches étaient regardées comme inefficaces, si elles n'étaient pas munies, à leur extrémité, de morceaux de papier. Par un capitulaire de l'an 789, Charlemagne proscrivit cet usage, qu'il qualifie de superstitieux. On voit que ce dernier moyen d'écarter les orages était l'analogue de celui dont font usage aujourd'hui les soldats de la Chine, qui, pour repousser l'ennemi, plantent en terre des piques de bois surmontées de morceaux de papier couverts de caractères magiques.

Nous avons rapporté longuement et avec fidélité tous les textes et les faits cités par les auteurs qui prétendent retrouver dans l'antiquité des traces manifestes de l'art de maîtriser la foudre et de conjurer ses effets. Tous ces textes nous paraissent bien insuffisants pour démontrer que l'on ait eu connaissance d'un tel secret dans les âges qui ont précédé le nôtre. Peut-être à la rigueur pourrait-on inférer de quelques-uns que, dans certains pays, et tout à fait isolément, on a pu avoir connaissance d'un procédé de ce genre, et que, chez certains peuples, le hasard a pu révéler une forme rudimentaire du paratonnerre, et la pratique en confirmer les effets utiles. Mais cette concession, que l'on pourrait faire aux partisans de l'antiquité, n'entraînerait nullement à accorder aux anciens des notions positives concernant les phénomènes électriques. Le hasard ou l'empirisme aurait pu enseigner, plus ou moins obscurément, à travers le cours des âges, quelques pratiques avantageuses sur l'art d'écarter la foudre, sans que, pour cela, les personnes en

possession de ce moyen aient pu se rendre compte de leur véritable action, sans qu'elles aient été dirigées par des principes véritablement scientifiques.

CHAPITRE II

Faits naturels et observations qui ont pu conduire à la découverte de l'identité de la foudre et de l'électricité. — Faits rapportés par les historiens latins. — Observations consignées dans l'histoire moderne. — Le château de Duino, dans le Frioul. — Les feux Saint-Elme. — Manifestations électriques en mer. — Scintillations électriques dans les Alpes. — Découverte de l'analogie de la foudre et de l'électricité. — Wall. — Grey. — Jean Freke et Benjamin Martin. — L'abbé Nollet. — Question posée par l'Académie de Bordeaux. — Mémoire de Barberet, de Dijon, sur la ressemblance du tonnerre et de l'électricité. — Mémoire de Romas, de Nérac.

L'électricité se trouve répandue dans la nature avec une telle abondance, que ses effets ont pu se manifester spontanément aux yeux des hommes dans une foule de circonstances diverses. A toutes les époques, on a constaté des apparitions, des scintillations lumineuses, des attractions et des mouvements, qui avaient l'électricité pour cause. Mais avant que la science fût en possession de données exactes sur ces phénomènes météoriques, c'est-à-dire avant la connaissance et l'étude de l'électricité, il était impossible de rattacher par un lien commun les faits de ce genre que l'observation révélait de loin en loin. Il fallait avoir des notions positives sur l'électricité, pour comprendre que beaucoup d'accidents extérieurs et de phénomènes naturels dépendaient d'une cause de ce genre et obéissaient à la même loi. C'est ce qui explique que, depuis l'antiquité jusqu'à la fin du dernier siècle, les physiciens aient pu, dans un grand

nombre de cas, être témoins de manifestations extérieures du fluide électrique, sans soupçonner la nature ni fournir l'explication de ces phénomènes. Une revue des principales observations de ce genre que l'histoire nous a conservées, prouvera suffisamment que beaucoup de faits naturels, qui ont été remarqués à différentes époques, avaient pour cause une action électrique, et auraient pu mettre les savants sur la voie d'une grande découverte, c'est-à-dire dévoiler l'identité de la foudre et de l'électricité, ou du moins faire constater l'existence de l'électricité libre dans l'atmosphère.

Le cheval que montait, à Rhodes, l'empereur Tibère, étincelait sous la main qui le frottait fortement. On citait un autre cheval doué de la même propriété; le père de Théodoric, et quelques autres, l'avaient observée sur leur propre corps (1).

Mais les Romains avaient une manière commode d'éviter l'explication embarrassante d'un phénomène physique. On mit ces faits au rang des prodiges, ce qui dispensa de tout examen.

Pendant la nuit qui précéda la victoire que Posthumius remporta sur les Sabins, les javelots des soldats romains jetaient la même clarté que des flambeaux. Lorsque Gylippus allait à Syracuse, on vit une flamme sur sa lance (2).

Suivant Procope, le ciel favorisa Bélisaire du même prodige pendant la guerre contre les Vandales (3).

On lit dans Tite-Live que Lucius Atreus ayant acheté un javelot pour son fils, qui venait d'être enrôlé parmi les soldats, cette arme parut embrasée, et jeta des flammes pen-

(1) Damascius in *Isidor. Vit. apud Phot. Biblioth.*, cod. 242.

(2) « Gylippo Syracusas petenti, visa est stella super ipsam lanceam constitisse. In Romanorum castris visa sunt ardere pila, ignibus scilicet in illa delapsis : qui sæpè, fulminum more, animalia ferire solent et arbusta, sed si minores vi mittuntur, defluunt tantùm et insident, non feriunt nec vulnerant. » Senec., *Natur. Quæst.*, lib. I, cap. I.)

(3) Procop. *De Bell. Vandal.*, lib. II, cap. II.

dant plus de deux heures sans être consumée par le feu (1).

Plutarque, dans la *Vie de Lysandre*, fait mention de deux faits de cette nature : « Les piques de quelques soldats en « Sicile, et une canne que portait à sa main un cavalier, en « Sardaigne, parurent en feu. Les côtes furent aussi lumi- « neuses et brillèrent de feux fréquents. »

Pline a observé le même phénomène sur des soldats qui étaient en faction la nuit sur les remparts : « Les étoiles pa- « raissent tant sur terre que sur mer. J'ai vu une lumière « sous cette forme sur les piques des soldats qui étaient en « faction la nuit sur les remparts. On en a vu aussi sur les « vergues et autres parties des vaisseaux, qui rendaient un « son intelligible et changeaient souvent de place. Deux de « ces lumières prédisaient un bon temps et un heureux « voyage, et en chassaient une autre qui paraissait seule et « qui avait un aspect menaçant. Les marins appellent celle- « ci *Hélène ;* mais ils nomment les deux autres *Castor et* « *Pollux,* et les invoquent comme les dieux. Ces lumières « se posent quelquefois vers le soir sur la tête des hommes, « et sont d'un bon et favorable présage (2). » « Mais, ajoute-t-il, en style magnifique, ces choses sont encore cachées dans la majesté de la nature » (*incerta ratione et in naturæ majestate abdita*).

César rapporte, dans ses *Commentaires*, que pendant la guerre d'Afrique, après un orage affreux, qui jeta toute l'armée romaine dans le plus grand désordre, la pointe des

(1) Tite-Live, liv. XLIII.

(2) « Existunt stellæ et in mari terrisque. Vidi nocturnis militum vigiliis inhærere pilis pro vallo fulgorem eâ effigie : et antennis navigantium, aliisque navium partibus, cum vocali quodam sono insistunt, ut volucres, sedem ex sede mutantes. Geminæ autem salutares et prosperi cursûs prænuntiæ ; quarum adventu fugari diram illam ac minacem appellatamque Helenam ferunt. Et ob id Polluci et Castori his nomen assignant, eosque in mari deos invocant. Hominum quoque capiti vespertinis horis magno præsagio circumfulgent. » (Plinii *Historia naturalis*, lib. II.)

dards d'un grand nombre de soldats brilla d'une lumière spontanée, ce que de Courtivron (1), de l'ancienne Académie des sciences, a cru le premier pouvoir appliquer à l'électricité. Voici ce passage de César : « Vers ce temps-là parut « dans l'armée de César un phénomène extraordinaire. Au « mois de février, vers la seconde veille de la nuit, il s'éleva « subitement un nuage épais suivi d'une grêle terrible ; et « la même nuit, les pointes des piques de la cinquième « légion parurent s'enflammer (2). »

L'histoire moderne fournit un grand nombre d'exemples de ces apparitions de flamme à l'extrémité des corps pointus. Tant que l'on ignora la cause de ces phénomènes on y fit peu d'attention ; mais on les a recueillis avec soin dès que l'on a reconnu leur corrélation avec l'électricité atmosphérique.

De tous ces faits appartenant aux temps modernes, le plus curieux est assurément le suivant, qui a été publié pour la première fois par un physicien d'Italie, et reproduit ensuite dans l'un des Mémoires de Nollet à l'Académie des sciences (3).

Sur un des bastions du château de *Duino*, situé dans le Frioul, au bord de la mer Adriatique, il y avait, de temps immémorial, une pique plantée verticalement, la pointe en haut. Dans l'été, lorsque le temps paraissait tourner à l'orage, le soldat qui montait la garde sur ce bastion, présen-

(1) *Histoire de l'Académie des sciences de Paris*, pour 1752, p. 10.

(2) « Per id tempus ferè Cæsaris exercitui res accidit incredibilis auditu ; nempè vigiliarum signo confecto, circiter vigiliâ secundâ noctis nimbus cum saxeâ grandine subito est coortus ingens ; eàdem nocte, legionis quintæ cacumina suâ sponte arserunt. » (Cæsaris *Comment. de Bello Africano*, cap. VI.)

(2) *Lettera di Gio. Fortunato Bianchini, dott. medic. intorno un nuovo fenomeno elettrico. all. Acad. R. di Scienze di Parigi*, 1758. — — *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*, 1794, page 445, dans une note placée à la fin d'un Mémoire de l'abbé Nollet *sur la cause et les effets du tonnerre*.

tait de près, au fer de cette pique, le fer d'une hallebarde (*brandistoco*) qui était toujours placée là pour cette épreuve. Si le fer de la pique étincelait beaucoup à l'approche de celui de la hallebarde, et qu'il jetât, par sa pointe, une aigrette lumineuse, la sentinelle sonnait aussitôt une cloche, qui se trouvait là. Les gens de la campagne et les pêcheurs en mer se trouvaient ainsi avertis de l'approche du mauvais temps, et sur cet avis chacun pouvait rentrer chez soi. L'ancienneté de cette pratique est prouvée par la tradition du pays, et par une lettre du P. Imperati, bénédictin, datée de 1602, dans laquelle il est dit, en faisant allusion à cet usage des habitants de Duino: *Igne et hastâ utuntur, ad imbres, grandines procellasque præsagiendas, tempore præsertim æstivo.*

Rien de plus curieux, rien de plus remarquable assurément, que cette coutume, qui fut sans doute révélée par quelque hasard heureux aux habitants de cette partie des rives de l'Adriatique.

On a de tout temps observé, pendant les orages, des apparences, des aigrettes, des scintillations lumineuses brillant à l'extrémité des corps pointus qui sont très-élevés dans l'air, comme les mâts des vaisseaux et les clochers des églises. Tous les navigateurs ont signalé ces apparitions de lumière à la pointe des mâts, des vergues ou des cordages des vaisseaux. Dans l'antiquité, ces étincelles ou ces flammes étaient regardées comme des présages. Une seule flamme, qui recevait alors le nom d'*Hélène*, était un signe menaçant pour la traversée. Deux flammes (*Castor et Pollux*) prédisaient, au contraire, du beau temps et un voyage heureux. Ce phénomène météorologique a reçu différents noms chez les modernes : en France, c'est le *feu Saint-Elme*, en Italie le *feu de Saint-Pierre, de Saint-Nicolas*, etc. Personne n'ignore que ces aigrettes lumineuses sont de véritables et fortes étincelles électriques, tirées des nuages orageux par la pointe des mâts.

Plutarque cite de nombreux exemples de ces apparitions lumineuses ; nous ne rapporterons que la suivante : « Au « moment, dit Plutarque, où la flotte de Lysandre sortait du « port de Lampsaque pour attaquer la flotte athénienne, « les étoiles de Castor et de Pollux allèrent se placer des « deux côtés de la galère de l'amiral lacédémonien. »

Les croyances, les mœurs, changent avec les siècles, mais les superstitions sont de tous les temps, et se transmettent presque sans altération d'âge en âge. Si l'on veut savoir comment les navigateurs contemporains de Christophe Colomb envisageaient le phénomène dont nous parlons, il faut lire, dans l'ouvrage célèbre *Historia del Almirante*, écrit par le fils de Christophe Colomb, ce curieux passage.

« Dans la nuit du samedi (octobre 1493, pendant le second voyage de Colomb), il tonnait et pleuvait très-fortement. Saint-Elme se montra alors sur le mât de perroquet avec sept cierges, allumés, c'est-à-dire que l'on aperçut ces feux que les matelots croient être le corps du saint. Aussitôt, on entendit chanter sur le bâtiment force litanies et oraisons, car les gens de mer tiennent pour certain que le danger de la tempête est passé dès que Saint-Elme paraît. »

Herrera nous apprend que les matelots de Magellan avaient la même superstition.

« Pendant les grandes tempêtes, dit-il, Saint-Elme se montrait au sommet du mât de perroquet, tantôt avec un cierge allumé, et tantôt avec deux. Ces apparitions étaient saluées par des acclamations et des larmes de joie. »

Le passage suivant, emprunté aux *Mémoires de Forbin*, présente un exemple du même phénomène, avec des proportions extraordinaires :

« Pendant la nuit (en 1696, par le travers des Baléares), il se forma tout à coup un temps très-noir, accompagné d'éclairs

et de tonnerres épouvantables. Dans la crainte d'une grande tourmente dont nous étions menacés, je fis serrer toutes les voiles. Nous vîmes sur le vaisseau plus de trente feux Saint-Elme. Il y en avait un, entre autres, sur le haut de la girouette du grand mât, qui avait plus d'un pied et demi ($0^m,50$) de hauteur. J'envoyai un matelot pour le descendre. Quand cet homme fut en haut, il cria que ce feu faisait un bruit semblable à celui de la poudre qu'on allume, après l'avoir mouillée. Je lui ordonnai d'enlever la girouette et de venir; mais à peine l'eut-il ôtée de place, que le feu la quitta et alla se poser sur le bout du mât, sans qu'il fût possible de l'en retirer. Il y resta assez longtemps, jusqu'à ce qu'il se consuma peu à peu. »

En parlant du feu Saint-Elme, dans sa *Notice sur le tonnerre*, Arago fait connaître sur ce sujet deux autres faits intéressants.

Fynes Moryson, secrétaire de lord Montjoy, rapporte, dit Arago, qu'au siége de Kingsale, le 23 décembre 1601, le ciel était sillonné par des éclairs sans tonnerre, les cavaliers ou sentinelles virent des *lampes brûler* à la pointe de leurs lances et de leurs épées.

Le 25 janvier 1822, M. de Thielaw, se rendant à Freyberg, pendant une averse de neige, remarqua sur la route que les extrémités des branches de tous les arbres étaient lumineuses.

En Allemagne, la tour de Naümbourg était citée comme présentant souvent des feux Saint-Elme à son sommet. Au mois d'août 1768, Lichtenberg aperçut une flamme pareille sur le clocher de la tour Saint-Jacques à Gœttingue. Le 22 janvier 1728, pendant un violent orage accompagné de pluie et de grêle, M. Mongez remarqua des aigrettes lumineuses sur plusieurs des sommités les plus élevées de la ville de Rouen.

En 1783, Sauvan publia que le 22 juillet, par une nuit orageuse, il avait aperçu, pendant trois quarts d'heure, une

couronne de lumière autour de la voûte du clocher des Grands-Augustins à Avignon (1).

Deux naturalistes célèbres du xv[e] siècle, Aldrovande, de Bologne, et Hermolaus Barbarus, de Venise, disent avoir vu quelquefois, à des hauteurs considérables, des corbeaux dont le bec jetait une vive lumière par les temps d'orage. C'est peut-être, ajoute Gueneau (de Montbéliard), quelque observation de ce genre qui a valu à l'aigle le titre de ministre de la foudre.

M. Binon, curé de Plauzet, assurait que pendant vingt-sept ans qu'il résida dans cette paroisse, les trois pointes de la croix du clocher paraissaient environnées d'un corps de flamme dans les grandes tempêtes : quand ce phénomène s'était montré, la tempête n'était plus à craindre, car le calme succédait aussitôt (2).

Pacard, secrétaire de la paroisse du prieuré de la montagne de Breven, vis-à-vis le mont Blanc, faisant creuser les fondements d'un chalet qu'il voulait construire dans les prairies de Plianpra, un violent orage se déclara. Il se réfugia alors sous un rocher peu éloigné, et vit le feu électrique tomber à plusieurs reprises sur la tête d'un grand levier de fer planté en terre, qu'il avait laissé en se retirant (3).

Si l'on monte sur la cime d'une montagne, on pourra être électrisé par une nuée orageuse, comme le sont les pointes des girouettes et des mâts. C'est ce qu'ont éprouvé, en 1767, Pictet, de Saussure et Jallabert fils, sur la cime du Breven. Le premier de ces savants; à mesure qu'il marquait sur son plan la position de quelque montagne, en demandait le nom aux guides qu'on avait pris; et pour la leur désigner, il la montrait du doigt en élevant la main. « Il s'aperçut que cha-

(1) Arago, *Notice sur le tonnerre. Notices scientifiques*, tome I, pages 152-154.

(2) *Transactions philosophiques*, t. XLVIII, part. I, p. 210.

(3) De Saussure, *Voyage dans les Alpes*, t. II, p. 56.

« que fois qu'il faisait ce geste, il sentait au bout de son doigt « une espèce de frémissement ou de picotement, semblable à « celui qu'on éprouve lorsque l'on s'approche d'un globe de « verre fortement électrisé. » L'électricité d'un nuage orageux, qui était vis-à-vis, fut la cause de cette sensation. L'effet fut le même sur les compagnons et les guides du voyage, et la force de l'électricité augmentant bientôt, la sensation produite par l'électricité devint à chaque instant plus vive ; elle était même accompagnée d'une espèce de sifflement. Jallabert, qui avait un galon à son chapeau, entendait autour de sa tête un bourdonnement effrayant, que les autres personnes entendirent aussi quand elles le mirent à leur tour sur leur tête. On tirait des étincelles du bouton d'or de ce chapeau, de même que de la virole de métal d'un grand bâton. L'orage pouvant devenir dangereux, on descendit à dix ou douze toises plus bas, où l'on ne sentit plus d'électricité. Bientôt après il survint une petite pluie, l'orage se dissipa, et l'on remonta au sommet, où l'on ne trouva plus aucun signe d'électricité (1).

Ainsi, à toutes les époques on a vu se manifester des phénomènes météoriques qui avaient l'électricité pour cause ; mais en l'absence de connaissances positives sur ce grand agent de la nature, ces phénomènes ne pouvaient être qu'un objet de curiosité. Un étonnement stérile était le seul sentiment que ce spectacle pût exciter, lorsqu'une idée superstitieuse ne venait pas couper court à toute tentative d'explication. Bien que connus et depuis longtemps enregistrés dans les annales historiques, ces faits restèrent donc, pendant des siècles, isolés et inutiles pour la science. Cette mine précieuse, qui devait être un jour si féconde en découvertes, apparaissait par intervalles et se dévoilait aux yeux des hommes par quelque filon brillant, par quelque lumineuse échappée ;

(1) *Voyage dans les Alpes, etc.*, t. II, p. 155. — *Histoire de l'Académie des sciences de Paris* pour 1767, p. 33.

mais cet appel à l'investigation scientifique demeurait sans résultat. Nul ne pouvait encore essayer de remonter jusqu'à la source où se cachaient tant de merveilles. Un travail de ce genre ne put être entrepris qu'après qu'une physique plus avancée eut soumis à ses études les phénomènes électriques. Alors, seulement, tous les accidents météorologiques qui constituent des manifestations de l'électricité naturelle, apparurent sous leur véritable jour et purent être rapportés à leur origine exacte.

L'analogie des effets de la foudre avec ceux de l'électricité est tellement saisissante, tellement naturelle, qu'elle fut aperçue par les physiciens dès les premiers temps de la connaissance des phénomènes électriques. Ce que l'on observe en petit sur le conducteur d'une machine électrique, c'est-à-dire l'éclat et le bruit de l'étincelle, la lumière de l'éclair et la détonation de la foudre, le reproduisent en grand. Cette comparaison, ce rapprochement, sont si simples, si naturels, que l'idée en est venue à tous les physiciens, et cela, on peut le dire, dès le moment même où l'on a eu connaissance de l'étincelle électrique.

Le docteur Wall était un physicien anglais contemporain d'Otto de Guericke. Avant même que le célèbre consul de Magdebourg eût construit son globe de soufre, c'est-à-dire la première machine électrique que la science ait possédée, Wall, qui n'était pourtant qu'un observateur d'un mince mérite, apercevant pour la première fois l'étincelle tirée d'un gros morceau d'ambre, exprima tout aussitôt l'idée de la ressemblance de cette étincelle avec l'éclair. Cette remarque de Wall est assez curieuse pour mériter d'être rapportée textuellement.

Comme nous l'avons vu dans l'histoire de la machine électrique, Otto de Guericke n'avait obtenu qu'une faible lueur en frottant son globe de soufre; Wall parvint à produire

une lumière plus marquée en frictionnant doucement avec la main bien sèche, ou une étoffe de laine, un gros morceau d'ambre auquel il avait donné la forme d'un cône. En présentant le doigt à une petite distance de l'ambre ainsi frotté, Wall entendit un petit craquement suivi d'une forte étincelle. Il compara alors cette lumière à l'éclair, et le craquement au tonnerre.

« En frottant rapidement, dit Wall, le morceau d'ambre avec du drap, et en le serrant assez fortement avec ma main, on entendit un nombre prodigieux de petits craquements, et chacun d'eux produisit un petit éclat de lumière ; mais lorsqu'on frotta l'ambre doucement et légèrement avec le drap, il produisit seulement de la lumière et point de craquement. Si quelqu'un présentait le doigt à une petite distance de l'ambre, on entendait un grand craquement, suivi d'un grand éclat de lumière. Ce qui me surprend beaucoup en cette éruption, c'est qu'elle frappe le doigt très-sensiblement et y cause une impression de vent, à quelque endroit qu'on le présente. Le craquement est aussi fort que celui d'un charbon sur le feu, et une seule friction produit cinq ou six craquements, ou plus, suivant la promptitude avec laquelle on place le doigt, dont chacun est toujours suivi de lumière. Maintenant je ne doute pas qu'en se servant d'un morceau d'ambre plus long et plus gros, les craquements et la lumière ne fussent l'un et l'autre beaucoup plus grands. *Cette lumière et ce craquement paraissent en quelque façon représenter le tonnerre et l'éclair* (1). »

Il est bien curieux et bien décisif de voir cette analogie entre le tonnerre et l'électricité, reconnue dès l'observation des premiers phénomènes électriques.

En 1735, le physicien Grey, dont les travaux appartiennent à l'enfance de la science électrique, exprimait la même analogie dans les termes les plus formels :

« Quoique ces effets jusqu'à présent n'aient été produits que

(1) Priestley, *Histoire de l'électricité*, tome I, page 18-19.

très en petit, nous dit Grey, il est probable qu'on pourra, avec le temps, trouver une façon de rassembler une plus grande quantité de feu électrique, et par conséquent d'augmenter la forcé de ce feu qui, d'après plusieurs expériences (*si licet parvis componere parva*) semble être de la même nature que celle du tonnerre et de l'éclair (1). »

Jean Freke, membre de la *Société royale de Londres*, et Benjamin Martin, lecteur de physique, ont également dans leurs mémoires signalé clairement la même analogie (2).

En France, l'abbé Nollet mit en avant cette pensée sous la forme d'une probabilité séduisante. Le passage, bien souvent cité, dans lequel ce physicien parle de l'analogie de l'électricité et de la foudre, se trouve au quatrième volume de ses *Leçons de physique expérimentale*, qui parut en 1748.

« Si quelqu'un, par exemple, dit l'abbé Nollet, entreprenait de prouver par une comparaison bien suivie des phénomènes, que le tonnerre est entre les mains de la nature, ce que l'électricité est entre les nôtres, que ces merveilles dont nous disposons maintenant à notre gré, sont de petites imitations de ces grands effets qui nous effrayent, et que tout dépend du même mécanisme; si l'on faisait voir qu'une nuée préparée par l'action des vents, par la chaleur, par le mélange des exhalaisons, etc., est, vis-à-vis d'un objet terrestre, ce qu'est le corps électrisé en présence et à une certaine proximité de celui qui ne l'est pas, j'avoue que cette idée, si elle était bien soutenue, me plairait beaucoup. Et pour la soutenir, combien de raisons spécieuses ne se présentent pas à un homme qui est au fait de l'électricité ? L'universalité de la matière électrique, la promptitude de son action, son inflammabilité et son activité à en-

(1) Lettre adressée par Grey, en 1735, à Cromwell Mortimer, secrétaire de la Société royale de Londres, et publiée, peu de temps après, dans les *Transactions philosophiques*.

(2) *Essai sur la nature de l'électricité, traduit de l'anglais de M. Jean Freke*, dans le *Recueil de traités sur l'électricité, traduit de l'allemand et de l'anglais*, 3e partie, page 24. — *Essai sur l'électricité*, traduit de l'anglais, de M. Benj. Martin, lecteur de physique. *Ibidem*, 3e partie, pages 71-76.

flammer d'autres matières ; la propriété qu'elle a de frapper les corps extérieurement et intérieurement jusque dans leurs moindres parties ; l'exemple singulier que nous avons de cet effet dans l'expérience de Leyde, l'idée qu'on peut légitimement s'en faire, en supposant un plus grand degré de vertu électrique, etc. ; tous ces points d'analogie que je médite depuis quelque temps commencent à me faire croire qu'on pourrait, en prenant l'électricité pour modèle, se former, touchant le tonnerre et les éclairs, des idées plus saines et plus vraisemblables que tout ce qu'on a imaginé jusqu'à présent (1). »

Le même soupçon de l'analogie des effets du tonnerre avec ceux de l'électricité a été émis, après Nollet, par divers autres physiciens, parmi lesquels nous citerons Winckler en Allemagne, et Hales en Angleterre.

Déjà, en 1726, l'Académie des sciences de Bordeaux avait décerné son prix annuel à un mémoire du révérend Père de Lozeran du Fech, natif de Perpignan, *sur la cause du tonnerre et des éclairs*. Dans ce mémoire, la cause du tonnerre était rapportée à l'embrasement des exhalaisons terrestres, selon la doctrine alors en vogue. Mais les phénomènes électriques qui furent signalés sur ces entrefaites, déterminèrent, en 1749, l'Académie de Bordeaux à remettre la même question au concours. Le prix fut accordé en 1750, à un médecin de Dijon, nommé Barberet, qui admettait l'analogie de la foudre avec l'électricité, sans invoquer toutefois aucune expérience, et ne traitait la matière que par de simples considérations générales dans le goût des dissertations académiques de cette époque.

Cette décision de l'Académie de Bordeaux couronnant de ses palmes la doctrine de l'analogie de la foudre avec l'électricité montre bien, selon nous, à quel point cette opinion était alors dans le courant des idées générales. Les Académies ne sont pas novatrices par leur nature. L'histoire et les

(1) *Leçons de physique expérimentale*, tome IV, page 314.

exemples contemporains montrent suffisamment qu'elles représentent, dans les sciences, l'esprit du passé et le maintien rigoureux des opinions reçues. S'attachant surtout à conserver le dogme scientifique le plus généralement accepté, elles ne peuvent représenter l'idée de l'avenir, ni celle du progrès. Or, puisque en France, une Académie prenait sous son patronage l'idée de l'origine électrique du tonnerre, on peut en conclure, en toute sécurité, que c'était là une doctrine en harmonie avec les opinions scientifiques du temps.

La distinction accordée par l'Académie de Bordeaux au mémoire de Barberet, de Dijon, dans lequel on posait nettement le principe de l'analogie de la foudre avec l'électricité, imprima une impulsion nouvelle aux recherches déjà entreprises sur ce sujet. Parmi les physiciens qui embrassèrent cette idée avec le plus d'ardeur, il faut citer surtout de Romas, l'un des membres les plus actifs de l'Académie de Bordeaux.

Né dans la petite ville de Nérac, qui fut aussi le berceau des Montesquieu, appartenant à une famille noble de la province de Guyenne, de Romas n'était pas un savant de profession; il était lieutenant assesseur au présidial de Nérac, c'est-à-dire simple juge au tribunal civil de cette ville. Il était entré dans la carrière de la magistrature; et, une fois en possession de la place modeste d'assesseur au présidial de sa ville natale, il put se livrer à la vocation bien décidée qui le portait vers l'étude des sciences. Il possédait en physique des connaissances variées et solides. Si l'on consulte ses nombreux écrits, et en particulier ses recherches sur le magnétisme des corps, on voit qu'il avait abordé les parties les plus élevées et les plus difficiles de la physique. Comme s'il eût trouvé trop étroit pour ses facultés le champ de cette dernière science, il s'occupait encore de mécanique, de géographie, de navigation, d'agriculture,

d'élève des bestiaux, et sur ces divers sujets, il a laissé en manuscrits ou imprimés, trois gros volumes de mémoires.

Peu de jours après la publication du travail de Barberet, de Dijon, c'est-à-dire en août 1750, Romas présenta à l'Académie de Bordeaux un mémoire qui avait pour objet de signaler les ressemblances physiques entre la foudre et l'électricité. Cet écrit fut composé à l'occasion d'un coup de tonnerre qui, le 30 juillet 1750, frappa le château de Tampouy, situé près de Nérac, dans la sénéchaussée de Marsan, diocèse d'Aire. Il a pour titre : *Observation qui prouve que la foudre a non-seulement deux barres de feu, de même que l'électricité a deux étincelles; mais que, de même que l'électricité, elle a aussi deux attractions.* Romas cherche à prouver dans cet écrit : 1° Que la foudre a, comme l'électricité, deux barres de feu, c'est-à-dire probablement deux pôles opposés ; 2° que la foudre exerce, comme l'électricité, une attraction sur les corps environnants. « Ce qui étant bien con-« staté, dit Romas, on en pourra inférer que la foudre res-« semblant aux phénomènes fondamentaux de l'électricité, « *elle lui est analogue en toutes les dernières particulari-« tés* (1). »

Romas donne, dans ce mémoire, une description minutieuse des effets produits par la chute de la foudre sur le château de Tampouy. Il paraît que deux lames de feu se croisèrent à plusieurs reprises, avec des sifflements très-intenses, et que des corps solides volumineux furent soulevés et transportés au loin. Romas vit dans ces particularités une ressemblance avec le phénomène d'attraction et de répulsion des corps légers par le fluide électrique, comme avec la double étincelle qui, selon lui, part entre deux con-

(1) Ce mémoire n'a pas été imprimé, mais il se trouve avec les autres manuscrits de Romas, dans les archives de l'ancienne Académie de Bordeaux, qui sont déposées aujourd'hui dans la bibliothèque de cette ville.

ducteurs au moment de la décharge électrique. Ces rapprochements étaient sans doute inexacts, mais ils frappèrent beaucoup l'imagination de l'observateur, qui termine son travail par les lignes suivantes : « Je me réserve, si ce mé« moire est bien reçu, de traiter un peu plus amplement, « dans un autre que je me propose de donner sous la forme « d'un ouvrage lié, de toutes les parties qui me paraîtront « les plus propres à faire connaître l'analogie de la foudre et « de l'électricité (1). »

Le mémoire que nous venons de citer prouve avec évidence que, dès l'année 1750, le physicien de Nérac avait pénétré la nature du tonnerre, et qu'il avait poussé fort loin cette idée de l'identité de la foudre et de l'électricité qui commençait à prendre faveur chez les électriciens de l'Europe.

La question historique que nous venons de traiter concernant la découverte du grand fait de l'identité de l'électricité et de la foudre, met encore une fois en évidence une vérité que nous avons déjà essayé de faire ressortir dans cet ouvrage : c'est qu'il est impossible d'accorder à un seul homme l'honneur d'une grande invention scientifique, et que les découvertes importantes naissent presque toujours, non des efforts isolés d'un homme de génie, mais d'un concours lent et successif de travaux dirigés vers un but commun. La science et le temps préparent les éléments divers

(1) A la suite du coup de foudre de Tampouy et des réflexions dont cet événement fut le point de départ, Romas conçut le projet d'un instrument destiné à détourner le tonnerre. Cet instrument, qu'il n'a décrit nulle part, mais auquel il fait quelque allusion dans sa *Lettre à M. Lutton*, dont il sera question plus loin, consistait, autant qu'on peut en juger sur de vagues indications, en un conducteur isolé, terminé par une boule, ce qui aurait composé un fort mauvais paratonnerre. M. de Vivens, qui eut connaissance du nouvel instrument, et lui donna le nom de *brontomètre*, comprit sans doute les dangers que son emploi aurait inévitablement entraînés, et il détourna Romas de publier sa description.

des grandes découvertes ; il arrive dès lors un moment où la même idée se présente à la fois à un grand nombre d'esprits, parce qu'elle est la conséquence d'une foule de travaux antérieurement accomplis. On a attribué, tantôt à Wall, tantôt à Franklin, tantôt à l'abbé Nollet, la gloire d'avoir démontré les premiers l'analogie physique de la foudre et de l'électricité. Ce n'est à aucun de ces savants en particulier que revient le mérite de cette pensée ; elle était l'expression et le résultat de l'ensemble des travaux des physiciens du dernier siècle. C'est à la science collective, à la réunion de tous les efforts, et non à l'unique inspiration d'un homme de génie, que l'humanité est redevable de la plupart des grandes conquêtes scientifiques qui font son bonheur ou sa gloire.

CHAPITRE III

Travaux de Franklin concernant l'analogie entre l'électricité et la foudre. — Hypothèse qu'il propose quant à l'origine du tonnerre. — Découverte du pouvoir des pointes.

Nous venons de voir la doctrine de l'identité de la foudre et de l'électricité faire en Europe de rapides progrès, nous allons la voir s'avancer, en Amérique, d'un pas encore plus assuré, et prendre, entre les mains de Franklin, sa constitution définitive.

Comme tous les physiciens de son temps, Franklin avait été frappé de l'analogie que présentent l'étincelle électrique et le trait de la foudre. Pendant que l'Académie de Bordeaux couronnait solennellement, en séance publique, le mémoire de Barberet, de Dijon ; pendant que Romas écrivait son mémoire *sur le coup de foudre de Tampouy*, Franklin exprimait, dans ses *Lettres*, des réflexions fondées sur l'expérience, où

l'on trouve exposée d'une manière catégorique l'étroite ressemblance du tonnerre et de l'électricité (1).

C'est dans la quatrième lettre et dans une partie de la suivante que Franklin expose l'idée de l'analogie de l'électricité et du tonnerre. Mais hâtons-nous de remarquer, pour bien éclairer le récit qui va suivre, que Franklin ne présente cette pensée qu'à titre d'hypothèse. Il se borne à la soumettre aux physiciens, ajoutant que l'expérience prononcera plus tard sur ce point de théorie.

Les deux lettres de Franklin, en partie consacrées au sujet qui nous occupe, sont d'une confusion extrême : il faut en élaguer beaucoup de parties inutiles pour saisir, dans sa simplicité, la théorie de l'identité de l'électricité et de la foudre. Nous allons en donner l'analyse, en retranchant tout ce qui se rapporte à des objets étrangers à ce sujet. Voici donc comment Franklin, après beaucoup de considérations vulgaires et surannées sur les nuages, les vapeurs et la pluie, fait ressortir, dans sa quatrième lettre, les analogies du tonnerre et de l'électricité, pour conclure, dans la lettre suivante, que cette hypothèse est fort admissible, et finalement, donner le plan d'une expérience qu'il n'a pas faite lui-même, mais qu'il conseille aux physiciens d'exécuter, afin de vérifier la justesse de sa conjecture.

1° Franklin fait remarquer que les éclairs ont une forme ondoyante et crochue; or, il en est de même, selon lui, de l'étincelle électrique, quand on la tire à quelque distance d'un corps irrégulier.

2° Le tonnerre frappe de préférence les objets élevés et pointus, tels que les hautes montagnes, les arbres, les

(1) Le mémoire de Barberet fut couronné solennellement par l'Académie de Bordeaux au mois d'août 1750, et le mémoire de Romas *sur le coup de foudre de Tampouy* est du même mois (août 1750); enfin la lettre de Franklin *sur l'analogie du tonnerre et de l'électricité* porte la date du 29 juillet de la même année.

tours, les clochers, les mâts de vaisseaux, les pointes de piques, etc.; de même, selon lui, tous les conducteurs pointus sont plus accessibles à l'électricité que les surfaces plates.

3° Le tonnerre suit toujours le meilleur conducteur et le plus à sa portée; l'électricité se conduit de même dans la décharge de la bouteille de Leyde. Selon Franklin, il serait plus sûr, durant l'orage, d'avoir ses habits humides que secs, parce que l'eau transmettrait en grande partie la matière du tonnerre jusqu'au sol, et garantirait ainsi le corps. Il assure qu'un rat mouillé ne peut pas être tué par l'explosion de la bouteille de Leyde, et qu'au contraire cet animal est tué par la même décharge quand il est sec.

4° Le tonnerre met le feu aux matières combustibles; ainsi se comporte l'électricité.

5° Le tonnerre fond quelquefois les métaux; l'électricité produit le même effet.

6° Le tonnerre déchire certains corps; l'électricité produit le même résultat. Franklin rappelle que l'étincelle électrique perce un cahier de papier.

7° On a vu souvent des personnes rendues aveugles par le tonnerre; Franklin a vu un pigeon frappé de cécité par une commotion de la bouteille de Leyde.

8° Le tonnerre tue les animaux; on a tué aussi des animaux par la commotion électrique.

9° Le tonnerre détruit quelquefois la propriété des aimants naturels et renverse leurs pôles; Franklin a obtenu le même résultat avec de l'électricité. Souvent il a donné, au moyen de la décharge de la bouteille de Leyde, la direction polaire à des aiguilles de fer.

Mais Franklin ne se borna pas à signaler ces divers points de ressemblance entre les effets de l'électricité et ceux du tonnerre. Il alla plus loin, car il mit en avant cette hypothèse, qu'une verge de fer pointue élevée dans les airs, et communiquant avec un conducteur métallique, en contact

lui-même avec le sol, aurait peut-être le pouvoir de faire écouler silencieusement dans la terre l'électricité des nuages, et donnerait ainsi un moyen de s'opposer à la production de la foudre. Comment Franklin fut-il conduit presque d'emblée à une idée si hardie et si nouvelle ? C'est là un point important à éclaircir.

Franklin a, le premier, mis bien en évidence par des expériences positives, ce fait capital, que les corps pointus ont le pouvoir de dissiper les effets électriques, c'est-à-dire ce que l'on désigne aujourd'hui en physique sous le nom de *pouvoir des pointes*. Il avait été amené sur la voie de cette découverte par une observation due à Jallabert, physicien suisse.

C'est à Genève, en 1748, que Jallabert observa pour la première fois le fait dont il s'agit. Pendant un séjour qu'il fit bientôt après à Paris, il répéta son expérience devant l'abbé Nollet, qui la publia, la même année, avec le consentement de l'auteur. Dans ses *Recherches sur les causes particulières des phénomènes électriques*, Nollet rapporte, comme il suit, cette expérience de Jallabert.

« *Nouveau phénomène observé par M. Jallabert.* — On met en équilibre, sur un pivot, une petite verge de bois, qui peut avoir quinze ou seize pouces de longueur, pointue par un bout et armée par l'autre d'une petite boule de bois, de un pouce de diamètre ou environ ; on met cet instrument ainsi préparé à portée d'un homme qu'on électrise et qui tient en sa main un morceau de bois tourné, gros et arrondi par un bout, comme une demi-boule de un pouce de diamètre, et pointu par l'autre extrémité. Si cet homme présente ce morceau de bois par le gros bout à la boule A, qui est à l'une des extrémités de l'aiguille, le plus souvent cette boule est repoussée ; il l'attire au contraire presque toujours, s'il présente le morceau de bois par la pointe. On voit tout le contraire, si l'on fait l'expérience par l'autre côté de l'aiguille ; le morceau de bois électrisé et présenté par le gros bout l'attire, et si c'est la pointe du morceau de bois que l'on présente, il est fort ordinaire que la partie B soit repoussée. »

Il résultait de cette expérience que les phénomènes électriques d'attraction et de répulsion étaient fort différents selon que l'on présentait à un corps un conducteur taillé en pointe, ou le même conducteur terminé par une surface mousse ou arrondie.

Il y avait là le germe de la découverte du pouvoir des pointes. Mais il n'y avait pas autre chose, car telle qu'elle était exécutée par Jallabert ou l'abbé Nollet, cette expérience ne réussissait pas toujours.

Nollet essaya d'expliquer l'expérience de Jallabert par la théorie générale qu'il avait imaginée pour l'interprétation des phénomènes électriques, c'est-à-dire par son système des *affluences et influences simultanées*. Mais il ne faisait ainsi qu'ajouter une difficulté à une autre, car à une expérience confuse il appliquait une théorie inexacte. Aussi ne put-on parvenir à rien tirer de clair de cette expérience du physicien de Genève.

C'est à Franklin que revient le mérite d'avoir mis dans tout son jour le phénomène du *pouvoir des pointes*, c'est-à-dire l'action qu'exerce un corps conducteur effilé en pointe pour faire disparaître, par sa seule approche, l'électricité qui existe à la surface d'un corps.

Les observations faites par Franklin sur cet important sujet sont exposées dans sa *Deuxième lettre à Collinson.* Nous les citerons textuellement :

« Je vous ai appris dans ma dernière lettre, dit Franklin, qu'en continuant nos recherches électriques, nous avions observé quelques phénomènes singuliers, que nous avons regardés comme nouveaux : je me suis engagé à vous en rendre compte, quoique j'appréhende qu'ils n'aient pas pour vous le mérite de la nouveauté. Tant de personnes ont travaillé dans votre pays sur les expériences électriques, que quelqu'un se sera probablement rencontré avec nous sur les mêmes observations.

« Le premier phénomène est l'étonnant effet des corps

pointus, tant pour *tirer* que pour *pousser* le feu électrique. Placez un boulet de fer de trois ou quatre pouces de diamètre sur l'orifice d'une bouteille de verre bien nette et bien sèche : par un fil de soie attaché au lambris précisément au-dessus de l'orifice de la bouteille, suspendez une petite boule de liége environ de la grosseur d'une balle de mousquet ; que le fil soit de longueur convenable pour que la boule de liége vienne s'arrêter à côté du boulet. Électrisez le boulet, et le liége sera repoussé à la distance de quatre ou cinq pouces, plus ou moins, suivant la quantité d'électricité..... Dans cet état, si vous présentez au boulet la pointe d'un poinçon long et délié, à six ou huit pouces de distance, la répulsion sera détruite sur-le-champ, et le liége volera vers le boulet. Pour qu'un corps émoussé produise le même effet, il faut qu'il soit approché à un pouce de distance et qu'il tire une étincelle. Afin de prouver que le feu électrique est *tiré* par la pointe, si vous ôtez de son manche le côté aplati du poinçon et que vous le fixiez sur un bâton de cire à cacheter, vous présenterez en vain le poinçon à la même distance, ou l'approcherez encore de plus près, le même effet n'en résultera point. Mais glissez le doigt le long de la cire, jusqu'à ce que vous touchiez le côté aplati, le liége alors volera sur-le-champ vers le boulet..... Si vous présentez cette pointe dans l'obscurité, vous y verrez, quelquefois à un pied de distance et plus, une lumière brillante, semblable à un feu follet ou à un ver luisant. Moins la pointe est aiguë, plus il faut l'approcher pour apercevoir la lumière, et à quelque distance que vous voyiez la lumière, vous pouvez *tirer* le feu électrique et détruire la répulsion..... Si une boule de liége ainsi suspendue est repoussée par le tube, et que la pointe lui soit brusquement présentée, même à une distance considérable, vous serez étonné de voir avec quelle rapidité le liége revole vers le tube. Des pointes de bois feraient le même effet que celles de fer, pourvu que le bois ne fût pas sec ; car un bois parfaitement sec n'est pas meilleur conducteur d'électricité que la cire d'Espagne.

« Pour montrer que les pointes *poussent* aussi bien qu'elles *tirent* le feu électrique, couchez une longue aiguille pointue sur le boulet, et vous ne pourrez assez électriser le boulet pour lui faire repousser la boule de liége..... ou bien, faites tenir à l'extrémité d'un canon de fusil suspendu, ou d'une verge de fer, une aiguille qui pointe en avant comme une espèce de petite baïon-

nette ; dans cet état le canon de fusil ou la verge ne saurait, par l'application du tube à l'autre extrémité, être électrisé au point de donner une étincelle, le feu courant continuellement s'échappe en silence à la pointe. Dans l'obscurité vous pouvez lui voir produire le même effet que dans le cas dont nous venons de parler (1). »

Le physicien de Philadelphie se mit inutilement en frais de méditations pour découvrir la cause du pouvoir des pointes. Il hasarda, à ce sujet, une théorie ; mais il avoue ingénument qu'il en était médiocrement satisfait. Il essaya d'expliquer cet effet « en supposant que la base sur laquelle « pesait le fluide électrique à la pointe d'un corps électrisé « étant petite, l'attraction par laquelle le fluide était tiré vers « le corps était légère ; et que, par la même raison, la ré- « sistance à l'entrée du fluide était à proportion plus faible « en cet endroit que là où la surface était plate. »

Franklin n'avait pas tort de n'accorder qu'une faible confiance à son explication. Mais si cette théorie était mauvaise, l'application qu'il tira du fait était d'une tout autre portée. Après avoir constaté la propriété dont jouit un conducteur terminé en pointe, d'anéantir, par son approche, l'état électrique des corps, le physicien américain songea tout aussitôt à tirer parti de cette propriété, en se servant d'un corps conducteur pointu dressé en l'air pour enlever l'électricité aux nuages orageux, si toutefois la foudre était réellement un phénomène électrique.

Pour la netteté de cet exposé historique, il sera nécessaire de rapporter ici les termes dans lesquels Franklin, après avoir, par deux expériences faciles à répéter, démontré une fois de plus l'existence du phénomène du pouvoir des pointes, propose tout aussitôt de l'appliquer à la construction d'un paratonnerre.

(1) *Œuvres de Franklin, traduites par M. Barbeu Dubourg*, in-4°, t. Ier, p. 3-5.

« Le plus important pour nous, dit Franklin, n'est pas de savoir de quelle manière la nature exécute ses lois, il nous suffit de connaître les lois elles-mêmes. C'est un avantage réel de savoir qu'une porcelaine abandonnée en l'air sans être soutenue tombera et se brisera immanquablement; mais de savoir *comment* elle tombe et *pourquoi* elle se brise, c'est une matière de pure spéculation : ces connaissances sont agréables à la vérité, mais sans elles nous pouvons garantir notre porcelaine.

« Ainsi, dans le cas présent, il pourrait être de quelque usage pour le genre humain de connaître le pouvoir des pointes, quoique nous ne fussions jamais en état d'en donner une explication précise. Les expériences suivantes, aussi bien que celles de mes premières lettres, montrent ce pouvoir. »

Franklin décrit ici deux expériences, qui prouvent manifestement la vertu des conducteurs terminés en pointe pour dissiper l'électricité des corps. Il s'agit, dans la première, d'un large conducteur formé d'un tube de carton doré, de dix pieds de longueur et de un pied de diamètre. Quand ce conducteur isolé est électrisé au moyen d'une machine, il suffit d'en rapprocher, à un pied de distance, la pointe d'une aiguille, pour faire disparaître en un instant toute l'électricité qui réside à sa surface. Dans la seconde expérience, il est question d'une grande balance de cuivre dont les plateaux sont supportés par des cordes de soie, afin de les isoler. On électrise ces plateaux au moyen d'une machine électrique, suspendue au plafond, la balance peut osciller autour d'un poinçon planté sur une table ou sur le plancher. Or, si l'on place sur ce poinçon une aiguille, cette aiguille suffit pour dépouiller à une assez grande distance le plateau de la balance de toute son électricité.

Franklin continue alors en ces termes :

« Maintenant, si le feu de l'électricité et celui de la foudre est le même, comme j'ai tâché de le montrer au long dans un écrit précédent, ce tube de carton et ces bassins peuvent représenter les nuages électrisés. Si un tube long seulement de dix pieds

frappe et décharge son feu sur le poinçon à deux ou trois pouces de distance, un nuage électrisé qui est peut être de dix mille acres, peut frapper et décharger son feu sur la terre à une distance proportionnellement plus grande. Le mouvement horizontal des bassins sur le plancher peut représenter le mouvement des nuages sur la terre et le poinçon élevé les montagnes et les plus hauts édifices, et alors nous voyons comment les nuages électrisés, passant sur les montagnes et sur les bâtiments à une trop grande hauteur pour les frapper, peuvent être attirés en bas jusque dans la distance qui leur est nécessaire pour cet effet. Et enfin, si une aiguille est fixée sur un poinçon, la pointe en haut, ou même sur le plancher au-dessous du poinçon, elle tirera le feu du bassin en silence à une distance beaucoup plus grande que la distance requise pour frapper, et préviendra ainsi sa descente vers le poinçon ; ou si dans sa course le bassin était venu assez près pour frapper, il ne le pourrait parce qu'il aurait été d'abord privé de son feu, et par là le poinçon est garanti du choc. Je demande, cette supposition admise, si la connaissance du pouvoir des pointes ne pourrait pas être de quelque avantage aux hommes, pour préserver les maisons, les églises, les vaisseaux, etc., des coups de la foudre, en nous engageant à fixer perpendiculairement sur les parties les plus élevées de ces édifices des verges de fer faites en forme d'aiguilles et dorées pour prévenir la rouille, et du pied de ces verges un fil d'archal abaissé vers l'extérieur du bâtiment dans la terre, ou autour d'un des haubans d'un vaisseau, ou sur le bord jusqu'à ce qu'il touche l'eau ? Ces verges de fer ne tireraient-elles pas probablement le feu électrique en silence hors du nuage, avant qu'il vînt assez près pour frapper? Et par ce moyen ne pourrions-nous pas être préservés de tant de désastres soudains et effroyables?

« Pour décider cette question, savoir si les nuages qui contiennent la foudre sont électrisés ou non, j'ai imaginé de proposer une expérience à tenter en un lieu convenable à cet effet. Sur le sommet d'une haute tour ou d'un clocher, placez une espèce de guérite (comme dans la figure 9) assez grande pour contenir un homme et un tabouret électrique; du milieu du tabouret élevez une verge de fer, qui passe en se courbant hors de la porte, et de là se relève perpendiculairement à la hauteur de vingt ou trente pieds et qui se termine en une pointe fort aiguë. Si le tabouret électrique est propre et sec, un homme qui y sera placé, lorsque des nuages électrisés y passeront un

peu bas, peut être électrisé et donner des étincelles, la verge de fer y attirant le feu du nuage. S'il y avait quelque danger à craindre pour l'homme (quoique je sois persuadé qu'il n'y en a aucun), qu'il se place sur le plancher de la guérite et que de temps en temps il approche de la verge le tenon d'un fil d'archal qui a une extrémité attachée aux plombs, le tenant par un manche de cire ; de cette sorte les étincelles, si la verge est électrisée, frapperont de la verge au fil d'archal et ne toucheront point l'homme (1). »

Nous avons dû citer textuellement ce passage de Franklin, afin de mettre dans son jour les véritables vues du physicien de Philadelphie, et de modifier une opinion depuis trop longtemps accréditée sur ce sujet. On voit par les paroles de Franklin, qu'il ne parle du paratonnerre que comme d'une expérience à exécuter, comme d'une hypothèse que l'observation doit vérifier plus tard. Le moyen qu'il propose est subordonné à la vérité de cette hypothèse, non démontrée encore, à savoir, que le tonnerre a une origine électrique.

Il résulte donc des citations qui précèdent, et nous insistons sur ce point, que lorsque Franklin mit en avant l'idée de l'analogie de la foudre et de l'électricité, et quand il songea au paratonnerre, comme conséquence de cette idée, il n'avait fait encore aucune expérience pour vérifier l'existence de l'électricité au sein de l'atmosphère. Tout ce qu'il dit à ce sujet repose sur des considérations purement théoriques et sur la connaissance du pouvoir des pointes. Lorsqu'il parle, à la fin du passage qui précède, de placer sur une guérite une barre de fer pointue et fixée à un tabouret isolé, c'est une expérience qu'il propose aux physiciens d'exécuter, comme un moyen de vérifier la justesse de ses conjectures ; mais cette expérience, il ne l'a

(1) *Œuvres de Franklin, traduites par M. Barbeu Dubourg*, in-4°, t. Ier, p. 61-63.

pas faite lui-même. Nous allons voir, par la suite de ce récit, que l'expérience proposée par le physicien de Philadelphie, et qui devait confirmer ou renverser cette vue théorique, fut accomplie par d'autres mains que les siennes. La démonstration expérimentale du grand fait de l'existence de l'électricité dans l'air, fut donnée pour la première fois, non en Amérique, mais en Europe, et par les soins des physiciens français.

CHAPITRE IV

Accueil fait à Londres aux lettres de Franklin. — Buffon les fait traduire en français. — Expériences exécutées en France sur la présence de l'électricité dans l'atmosphère. — Expériences de Dalibard et de Delor. — Expérience de Buffon à Montbard. — Découverte faite par Lemonnier de la présence de l'électricité dans l'atmosphère par un temps serein. — Répétition, par divers physiciens français, des expériences faites à Paris. — Le Père Berthier. — De Romas. — Continuation des expériences sur l'électricité des barres métalliques isolées. — Canton et Bevis en Angleterre. — Mort de Richmaun à Saint-Pétersbourg. — Verrat. — Th. Marin. — Expériences en Allemagne et en Italie. — Boze. — Gordon. — Zanotti. — Beccaria.

Les *Lettres de Franklin à Pierre Collinson* obtinrent en Europe un prodigieux succès : « On n'a jamais rien écrit sur « l'électricité, dit Priestley, qui ait eu plus de lecteurs et « d'admirateurs que ces lettres, dans toutes les parties de « l'Europe. Il n'y a presque point de langue en Europe, « dans laquelle on ne les ait traduites, et comme si ce n'était « pas encore assez pour les faire bien connaître, on en a fait « depuis peu une traduction en latin. » Toutefois ce que Priestley néglige ici de nous dire, c'est que le succès du livre de Franklin ne dut rien au concours ni aux suffrages des

savants anglais. Lorsque Collinson, à qui ces lettres sont adressées, lut devant la Société royale de Londres le manuscrit de Franklin, les idées contenues dans cet écrit n'excitèrent, parmi les membres de la savante compagnie, d'autre sentiment qu'une explosion d'hilarité. L'hypothèse de Franklin concernant la possibilité d'écarter la foudre au moyen d'une simple barre de fer pointue élevée en l'air, parut surtout empreinte d'une parfaite absurdité. Le mémoire de Franklin ne fut pas jugé digne d'être mentionné parmi les communications adressées à la Société royale, et on ne l'inséra point dans ses *Transactions philosophiques*. Les savants de Londres ne pouvaient admettre qu'une idée de quelque valeur pût leur arriver de cette barbare Amérique, qui n'excitait que des mépris en Angleterre, en attendant qu'elle y excitât des fureurs par le triomphe de ses armes.

Cependant, dans cette réunion de physiciens si bien inspirés, il se trouva un savant, le docteur Fothergill, qui jugea cette production américaine trop importante pour être étouffée. Il conseilla à Collinson de faire imprimer ces lettres, et ce dernier les remit, dans cette intention, à l'éditeur d'une Revue, nommé Cave, qui publiait le *Gentleman's Magazine*. Cave préféra les publier en un volume qui parut à Londres, précédé d'une préface du docteur Fothergill. Le succès de cette publication fut considérable, car elle eut, en peu d'années, cinq éditions.

Sur le bruit de la considération qui fut bientôt accordée par l'Europe entière au livre du physicien d'Amérique, la *Société royale de Londres* se décida à recevoir la communication d'un extrait de cet ouvrage, dont on donna lecture devant elle le 6 juin 1751. Mais une particularité digne d'être notée, c'est que, dans cet extrait lu à la Société royale, on passa sous silence la partie du mémoire de Franklin qui concernait le paratonnerre. C'était là sans doute le passage qui avait excité les rires de la docte assemblée, et l'on jugea

convenable de le supprimer à cette seconde lecture, afin d'éviter le ridicule (1).

Un accueil bien différent attendait, en France, l'œuvre du physicien de Philadelphie. Elle eut la fortune de rencontrer le plus haut et le plus efficace des patronages, celui du Pline moderne! Buffon et Franklin, quels beaux noms réunis! Le manuscrit d'une traduction des *Lettres de Franklin*, due à un simple amateur qui l'avait composée pour son usage, vint à tomber entre les mains de Buffon. Le grand naturaliste comprit immédiatement toute la valeur de ce livre, qui renfermait à la fois une théorie générale des phénomènes électriques, l'analyse des effets de la bouteille de Leyde, et une hypothèse sur la nature de la foudre avec la description de l'expérience à exécuter pour vérifier la justesse de cette dernière conjecture.

Buffon comptait parmi ses admirateurs et ses amis un physicien d'un certain mérite, nommé Dalibard; il le chargea de

(1) C'est d'après le témoignage exprès d'un écrivain anglais que nous consignons ces faits qui font peu d'honneur à la sagacité des membres de la Société royale. Dans un ouvrage estimé, *A Manual of Electricity, Magnetism and Meteorology*, publié en 1844, le docteur Lardner écrit ce qui suit :

« When this and other papers by Franklin, illustrating similar views, « were sent to London, and read before the Royal Society, they are said « to have been considered so wild and absurd that they were received « with laughter, and were not considered worthy of so much notice as « to be admitted to a place in the *Philosophical Transactions*.

« They were, however, shown to Dr. Fothergill, who considered them of « too much value to be thus stifled; and he wrote a preface to them, and « published them in London.

« They subsequently went through five editions.

« After the publication of these remarkable letters, and when public opi- « nion in all parts of Europe had been expressed upon them, an abridg- « ment or abstract of them was read to the Society on the 6th of June 7511.

» It is a remarkable circumstance that, in this notice, no mention wha- « tever occurs of Franklin's project of drawing lightning from the clouds.

« Possibly this was the part which had before excited laughter, and « was omitted to avoid ridicule. »

composer une traduction fidèle de l'ouvrage de Franklin, qu'il prit soin lui-même de revoir et de corriger. Cette traduction parut en 1752, en un volume in-12, sous ce titre : *Expériences et observations sur l'électricité, faites à Philadelphie en Amérique par M. Benjamin Franklin, et communiquées dans plusieurs lettres à M. P. Collinson de la Société royale de Londres; traduites de l'anglais.* L'ouvrage est précédé d'un *avertissement* et d'un court historique de l'électricité, écrit en partie par Dalibard, et emprunté, pour le reste, à une petite dissertation faite en 1748, pour l'Académie de Bordeaux, par M. de Secondat, fils de Montesquieu. La publication de ce livre répandit promptement en France les idées de Franklin sur l'électricité.

Mais Buffon ne se borna pas à servir, par ce premier moyen, les progrès de la physique. Il voulut exécuter lui-même l'expérience proposée par Franklin comme devant résoudre le problème de la présence de l'électricité dans l'atmosphère. En conséquence, il fit élever sur la tour de son château de Montbard une longue tige de fer, pointue à son extrémité supérieure, et isolée à sa partie inférieure au moyen d'une épaisse couche de résine. Il comprit d'ailleurs qu'il importait de prendre les mêmes dispositions en d'autres lieux, afin d'être en mesure de profiter des orages qui pourraient se manifester sur différents points. Il engagea donc son ami Dalibard à élever, de son côté, une pareille tige isolée dans le jardin de sa maison de campagne, située à Marly, près de Versailles. Un physicien nommé Delor possédait, place de l'Estrapade, un beau cabinet de machines, où l'on démontrait publiquement et à prix d'argent les nouvelles expériences sur l'électricité. Sur l'invitation de Buffon et de Dalibard, ce physicien consentit à dresser une barre de fer isolée sur le faîte de sa maison.

Tout se trouvant ainsi préparé, et les dispositions parfaitement prises pour être en mesure de constater la présence

de l'électricité au sein de l'atmosphère, on attendit l'occasion favorable, c'est-à-dire un orage sur Paris ou ses environs.

Ce fut l'appareil de Marly qui se trouva favorisé ; à Marly fut reconnue, pour la première fois, la présence de l'électricité dans l'atmosphère, c'est-à-dire l'un des faits les plus considérables dont la physique se soit enrichie. Aussi la grande expérience que nous allons rapporter reçut-elle le nom d'*expérience de Marly*, de même que l'on avait désigné sous le nom d'*expérience de Leyde*, celle de la bouteille de Mussenbroek.

L'appareil que Dalibard avait fait élever dans son jardin, à Marly, consistait en une verge de fer, d'un pouce environ de diamètre, de quarante pieds de longueur, et terminée en pointe à son extrémité supérieure. Elle était soutenue en l'air par trois grosses perches munies de cordons de soie. Pour l'isoler, on avait divisé son extrémité inférieure en deux branches qui étaient fixées dans un tabouret isolant à pieds de verre (1).

(1) Voici la description de cet appareil, donnée par Dalibard dans le mémoire qu'il lut à ce sujet à l'Académie des sciences :

« 1° J'ai fait faire, dit Dalibard, à Marly-la-Ville, située à six lieues de Paris, dans une belle plaine, dont le sol est fort élevé, une verge de fer ronde, d'environ un pouce de diamètre, longue de quarante pieds et fort pointue par son extrémité supérieure. Pour lui ménager une pointe plus fine, je l'ai fait armer d'acier trempé, ensuite brunir, au défaut de dorure, pour la préserver de la rouille. Outre cela, cette verge de fer était courbée vers son extrémité inférieure de deux coudes à angles aigus, quoique arrondis. Le premier coude était éloigné de deux pieds du bout inférieur, et le second en sens contraire, à trois pieds du premier.

« 2° J'ai fait planter dans un jardin trois grosses perches de vingt-huit à vingt-neuf pieds, disposées en triangle et éloignées les unes des autres à environ huit pieds ; deux de ces perches contre les murs, et la troisième au dedans du jardin. Pour les affermir toutes ensemble, on a élevé sur chacune des entretoises à vingt pieds de hauteur ; et comme le grand vent agitait encore cette espèce d'édifice, on a attaché au haut de chaque perche de longs cordages, qui tenaient lieu de haubans, répondant par le bas à de bons piquets enfoncés en terre à plus de vingt pieds des perches.

« 3° J'ai fait construire entre les deux perches voisines du mur, et

Le 10 mai 1752, un orage vint à éclater sur Marly. Dalibard était alors absent, il se trouvait à Paris; mais il avait, au moment de son départ, confié le soin de surveiller la machine à un menuisier nommé Coiffier, ancien dragon, homme sur l'intelligence et l'intrépidité duquel on pouvait compter. Dalibard avait d'avance donné à ce gardien fidèle toutes les instructions et les avis nécessaires, tant pour faire les observations durant son absence, que pour se garantir, le cas échéant, des dangers de l'expérience. Il lui avait remis, pour tirer des étincelles de la barre, une tige de fer emmanchée dans une bouteille de verre, c'est-à-dire le petit appareil que l'on désigne aujourd'hui sous le nom d'*excitateur*, et qui permet d'obtenir des étincelles d'un corps électrisé sans inconvénient pour l'opérateur. Il lui avait d'ailleurs expressément recommandé de s'entourer de quelques personnes, et surtout d'envoyer chercher le curé de Marly, M. Raulet, dès qu'il se présenterait quelque apparence d'orage. Le moment désiré arriva enfin.

adosser contre ce mur, une petite guérite de bois capable de contenir un homme et une table.

« 4° J'ai fait placer au milieu de la guérite une petite table d'environ un pied de hauteur, et sur cette table j'ai fait dresser et affermir un tabouret électrique. Ce tabouret n'est autre chose qu'une petite planche carrée, portée sur trois bouteilles à vin pour suppléer au défaut d'un gâteau de résine qui me manquait.

« 5° Tout étant ainsi préparé, j'ai fait élever perpendiculairement la verge de fer au milieu des trois perches, et je l'ai affermie en l'attachant à chacune de ces perches avec des cordons de soie, par deux endroits seulement. Le bout inférieur de cette verge était solidement appuyé sur le tabouret électrique, où j'ai fait creuser un trou propre à le recevoir.

« 6° Comme il était important de garantir de la pluie le tabouret et les cordons de soie, j'ai pris les précautions nécessaires à cet effet. J'ai mis mon tabouret sous la guérite, et j'ai couder ma verge de fer à angles aigus, afin que l'eau qui pourrait couler le long de cette verge ne pût arriver sur son tabouret. C'est aussi dans le même dessein que j'ai fait clouer vers le haut et au milieu de mes perches, à trois pouces au-dessus des cordons de soie, des espèces de boîtes formées de trois petites planches d'environ quinze pouces de long, qui couvrent par-dessus et par les côtés une pareille longueur de cordons de soie, sans les toucher. »

Le 10 mai, à deux heures de l'après-midi, Coiffier entend retentir un coup de tonnerre assez fort. Aussitôt il court à l'appareil, et prenant la petite tige de fer emmanchée dans la bouteille, il la présente à la barre métallique, et à une faible distance il en voit sortir une petite étincelle qui pétille avec bruit. Une seconde étincelle part bientôt, plus forte que la précédente. Coiffier se hâte alors d'appeler ses voisins et d'envoyer chercher le curé de Marly. Dès qu'il est averti, le bon prieur, malgré une pluie battante mêlée de grêle, accourt de toute la vitesse de ses jambes. Témoins de l'empressement inusité et de l'émotion de leur pasteur, beaucoup d'habitants du village se hâtent de le suivre, s'imaginant d'abord que Coiffier a été tué d'un coup de tonnerre. Le jardin de Dalibard se remplit ainsi de spectateurs. Au milieu de cette foule étonnée, le curé s'approche de la machine, et voyant qu'il n'y a point de danger, il met lui-même la main à l'œuvre. Il prend l'excitateur, et tire de la barre plusieurs étincelles. On n'entendit pas d'autre coup de tonnerre ; mais la nuée orageuse resta pendant plus d'un quart d'heure au-dessus de la verge métallique, qui, pendant tout ce temps, fournit des étincelles d'une nature évidemment électrique. Elles partaient à un pouce et demi environ de la barre de fer, sous la forme d'une petite aigrette bleue, avec une odeur manifestement sulfureuse, et faisaient entendre un bruit semblable à celui qu'aurait produit une clef frappant sur la barre. Le prieur de Marly répéta l'expérience au moins six fois dans l'intervalle d'environ quatre minutes, et, dit-il, « chaque expérience dura l'espace d'un *Pater* et d'un *Ave*. » Mais bientôt l'intensité du feu électrique se ralentit; en approchant plus près, on ne tira plus que quelques étincelles ; enfin tout disparut.

Le bon prieur était si absorbé au moment de l'expérience, et si étonné du spectacle qui s'offrait à lui, qu'il fut frappé, sans qu'il y fît grande attention, ou sans qu'il s'en plaignît alors,

d'un coup violent au bras, sans doute par une étincelle partie de la barre électrisée. De retour chez lui, comme la douleur continuait, il découvrit son bras en présence de Coiffier, et l'on aperçut au-dessus du coude, une meurtrissure tournant autour du bras, comme celle qu'aurait pu occasionner un coup de fouet. Les personnes qui entouraient le curé reconnurent qu'il répandait une odeur de soufre, qui persistait encore quand il fut de retour chez lui. Un ecclésiastique sentant le soufre! le fait était extraordinaire, aussi fut-il remarqué.

Dès qu'il fut remis des émotions de l'événement, le prieur de Marly s'empressa d'écrire à Dalibard une lettre qui contenait les détails de cette expérience; Coiffier partit pour la remettre à Paris. Le prieur annonçait, dans cette lettre, le succès de la belle expérience préparée par Dalibard. Les détails qu'elle renfermait firent la matière d'un mémoire que ce physicien lut le 13 mai 1752 à l'Académie des sciences, où il produisit la plus vive sensation. On imagine sans peine, en effet, avec quel sentiment de joie fut reçue par les savants de la capitale cette démonstration éclatante de l'un des faits les plus importants de l'ordre naturel.

Huit jours après l'expérience de Marly, l'appareil élevé par le physicien Delor sur le toit de sa maison de la place de l'Estrapade donna des signes manifestes d'électricité, bien qu'il n'y eût pas en ce moment d'orage proprement dit.

La barre de fer disposée par Delor avait le double de la hauteur de celle de Marly. Elle était de quatre-vingt-dix-neuf pieds de haut, et reposait, à sa partie inférieure, sur un gâteau de résine de deux pieds carrés et de trois pouces d'épaisseur. Le 18 mai, entre quatre et cinq heures du soir, une nuée orageuse se montra au-dessus de cet appareil, et mit environ une demi-heure à passer. Pendant ce temps, Delor tira de la barre des étincelles toutes semblables à celles des machines électriques : les plus fortes furent tirées à la distance

de neuf lignes. Delor observa que la barre continuait encore à fournir des étincelles, lorsque le nuage orageux avait été poussé par le vent jusqu'au-dessus de la Seine, c'est-à-dire à deux heures environ du lieu de l'observation (1). Comme la quantité d'électricité tirée du nuage dans cette première expérience n'avait pas été très-considérable, Delor ajouta à son appareil ce qu'il appela un *magasin d'électricité*, qui consistait en plusieurs tiges de fer isolées communiquant avec la barre principale. Avec cette adjonction, l'appareil de Delor donna des étincelles plus fortes.

Le lendemain de l'expérience faite à Paris par le physicien de la place de l'Estrapade, c'est-à-dire le 19 mai 1752, Buffon, qui se trouvait à Montbard, eut la satisfaction de voir son appareil s'électriser. Une nuée orageuse ayant passé au zénith de la verge de fer qu'il avait élevée sur la tour de son château, Buffon, armé d'un excitateur, tira de la verge métallique un grand nombre d'étincelles.

L'abbé Mazéas, à Paris, plaça en haut de sa maison un appareil fort simple pour répéter la même expérience. Il fit passer en dehors de sa fenêtre une longue perche de bois terminée par une baguette de fer pointue, de douze pieds de longueur; il avait ajouté à cet appareil le *magasin d'électricité* imaginé par Delor, et il tira, en approchant le doigt, d'assez fortes étincelles de la tige de fer (2).

Les expériences que nous venons de rapporter ayant produit une grande impression dans la capitale, le roi voulut en être témoin. Sur ce désir, le duc d'Ayen offrit à Louis XV sa maison de campagne de Saint-Germain, et Delor fut chargé d'y répéter ces expériences (3). Ce n'était

(1) Lettre de Delor, imprimée dans les *Transactions philosophiques*, t. XLVIII, p. 370.

(2) *Histoire de l'électricité*, de Priestley, t. II, p. 164.

(3) *Lettre de l'abbé Mazéas au docteur Hales*, du 20 mai 1752.

pas d'ailleurs la première fois que les courtisans chargés du soin de distraire sa royale personne avaient eu recours à l'électricité. En 1746, c'est devant Louis XV que Nollet, comme nous l'avons vu, fit passer la commotion de la bouteille de Leyde à travers une chaîne formée par deux cents hommes des gardes françaises.

Quand les physiciens du reste de la France eurent connaissance des expériences sur l'électricité atmosphérique faites dans la capitale, les mêmes tentatives furent reproduites partout, et partout couronnées du même succès.

C'est en répétant ces expériences à Saint-Germain que Lemonnier, dont nous avons déjà cité les belles recherches sur la vitesse de transport de l'électricité, fit l'importante découverte de la présence de l'électricité dans l'air, par un ciel serein. On avait pensé jusque-là que l'électricité atmosphérique exigeait nécessairement la présence d'un nuage orageux. Lemonnier reconnut, et ce fut là le plus important résultat de ses observations, qu'il existe de l'électricité dans l'atmosphère par les temps les plus calmes (1).

L'appareil dressé par Lemonnier à Saint-Germain consistait en une perche de trente-deux pieds de hauteur, plantée au milieu d'une pièce de gazon. A peu de distance de l'extrémité supérieure de cette perche, était fixé un gros tube de verre, qui supportait un tube de fer-blanc terminé en pointe très-aiguë. De ce tuyau de fer-blanc partait un fil de fer de cinquante toises de longueur qui venait aboutir dans un pavillon où se tenait l'expérimentateur pour y faire ses observations. L'électricité enlevée à l'atmosphère par la pointe métallique était transmise tout entière dans l'intérieur du pavillon, par ce long conducteur qui venait s'attacher à un cordon de soie tendu horizontalement, et servant à l'isoler.

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences* pour 1752, p. 233 et suiv.

Les expériences de Lemonnier commencèrent le 7 juin 1752. Ce jour-là Lemonnier, ayant entendu un coup de tonnerre, qui sortit d'un gros nuage peu éloigné, tira aussitôt une étincelle très-vive du fil de fer, et ressentit une secousse semblable à celle que donne la bouteille de Leyde. Cette expérience fut répétée plusieurs fois avec le même succès, pendant cinq heures que dura l'orage, soit par notre académicien, soit par plusieurs autres personnes. On ne pouvait mettre en doute que la matière électrique dont le fil de fer s'était chargé ne fût de la même nature que celle que fournissent nos machines, « car, dit Lemonnier, ce fil attirait et repoussait très-vivement les corps légers ; la matière sortait en étincelant avec éclat ; elle excitait dans le bras de plusieurs personnes qui se tenaient par la main une commotion considérable ; elle sortait par les pointes, sous la forme d'une aigrette ; elle enflammait l'esprit-de-vin et les liqueurs spiritueuses ; elle exhalait l'odeur particulière à la matière électrique ; en un mot, elle paraissait avoir tout le caractère de la matière électrique que nous excitons avec nos instruments, et qui la différencie de tous les autres fluides. »

Lemonnier fit plusieurs autres observations sur l'électricité atmosphérique. Nous ne les reproduirons point, car elles sont loin d'égaler en importance la découverte capitale qu'il fit dans cette occasion, c'est-à-dire la démonstration de l'électricité libre dans un ciel serein.

Les physiciens se refusèrent pendant quelque temps à admettre ce dernier fait, dont l'explication théorique offrait des difficultés. On avait cru jusqu'alors que la présence des nuages dans le ciel était indispensable pour communiquer l'électricité à l'atmosphère. Peu de temps auparavant, Cassini, à l'Observatoire de Paris, ayant reconnu des signes de l'électricité dans une tige de fer disposée comme la précédente, quoiqu'il n'existât alors aucun nuage orageux,

avait cru devoir admettre que l'électricité provenait, dans ce cas, de quelque nuée très-voisine de l'horizon, et que l'on ne pouvait apercevoir (1). Les recherches de Lemonnier rectifièrent cette opinion ; il fut admis, dès ce moment, que l'électricité peut exister par tous les temps dans l'atmosphère.

Le père Berthier, religieux de l'Oratoire, répéta à Montmorency l'expérience de Dalibard. Il obtint un très-grand nombre d'étincelles électriques, et s'étant sans doute imprudemment exposé, il reçut une commotion tellement forte, qu'il en fut renversé par terre.

De Romas, dont nous avons déjà rappelé des recherches, et qui, l'un des premiers, avait émis, en France, l'opinion, fondée sur l'observation, de l'origine électrique de la foudre, fut aussi l'un des premiers à répéter l'expérience de Marly (2). Il éleva à Nérac des barres de fer isolées, et reconnut leur état électrique. Il varia beaucoup ses moyens d'expérimentation ; il imagina des dispositions nouvelles pour isoler complétement les barres métalliques et les rendre plus propres à résister à l'effort du vent. Pour ne pas être assujetti à une observation continuelle, il terminait le conducteur par un carillon électrique, dont les tintements répétés l'avertissaient en temps opportun. C'est ainsi qu'il put noter quelques faits importants d'électricité atmosphérique, tels que l'électrisation des barres en temps serein, leur électrisation par la pluie sans qu'il y eût d'orage, l'apparition des étincelles longtemps avant l'audition du bruit du tonnerre ; enfin, l'existence d'atmosphères électriques très-étendues autour des nuages orageux.

(1) *Histoire de l'Académie des sciences* pour 1752, p. 10.

(2) L'exposé des recherches de Romas sur les barres métalliques isolées est consigné dans six lettres adressées à l'Académie des sciences de Bordeaux, du 12 juillet 1752 au 14 juin 1753. Elles n'ont pas été imprimées, mais elles sont conservées, avec d'autres manuscrits de ce physicien, dans les archives de l'Académie de Bordeaux.

Dans la série de ses expériences, Romas voulut reconnaître si la barre de fer placée horizontalement attirerait aussi bien l'électricité atmosphérique que lorsqu'on la plaçait comme l'avait indiqué Franklin, c'est-à-dire dans la situation verticale. Il constata que la barre placée horizontalement s'électrisait à peine, même par les temps orageux. Pour faire cette expérience, Romas avait rendu mobile la barre de fer isolée. Au moyen d'une corde de soie, tenue dans sa main, il pouvait déranger cette barre mobile de sa position verticale, et l'incliner à volonté sur l'horizon, jusqu'à la rendre horizontale. Il reconnut, en opérant ainsi, que la tige perpendiculaire donnait de fortes étincelles, tandis que, disposée horizontalement, elle manifestait à peine des signes d'électricité. Ces dernières observations furent faites le 12 juillet 1752, et répétées plusieurs fois depuis cette époque.

Ce résultat conduisit Romas à soupçonner que l'intensité des phénomènes électriques pouvait croître en proportion de la hauteur des barres au-dessus du sol. Pour s'assurer de la justesse de cette conjecture, il dressa au-dessus du faîte de sa maison, et en les séparant par une distance de quinze pieds, deux barres, dont l'une était de dix pieds plus haute que l'autre. Il constata alors que, dans les mêmes conditions, c'était la première qui donnait toujours les plus fortes étincelles; et, à partir de ce moment, il n'eut plus qu'une pensée, « celle de porter des conducteurs le plus « haut possible dans la région des nuages, afin d'augmenter « le feu du ciel. » Nous verrons bientôt à quel admirable résultat se trouva conduit par ce désir le physicien de Nérac.

Tous les observateurs de l'Europe s'empressèrent de répéter les expériences qui venaient de jeter tant d'éclat sur la France. Canton, en Angleterre, fit élever des barres de fer isolées, qui lui servirent à constater l'état électrique des nuages. Voici comment le physicien anglais raconte son

expérience dans une lettre adressée à Wilson, le 21 juillet 1752 :

« J'eus hier, sur les cinq heures du soir, dit Canton, l'occasion de tenter l'expérience de M. Franklin, pour tirer le feu électrique des nuages, et j'ai réussi au moyen d'un tube de fer-blanc de trois ou quatre pieds de long, attaché au haut d'un tube de verre d'environ dix-huit pouces. A l'extrémité supérieure du tube de fer-blanc, qui était moins élevé que la file des cheminées de la même maison, j'avais attaché trois aiguilles avec un peu de fil d'archal, et j'avais soudé à son extrémité inférieure un couvercle de fer-blanc, afin de garantir de la pluie le tube de verre qui était posé verticalement sur un billot de bois. Je courus à cet appareil, le plus vite que je pus, dès le commencement du tonnerre, mais je ne le trouvai électrisé qu'entre le troisième et le quatrième coup; alors appliquant la jointure de mon doigt au bord du cercle, je sentis et entendis une étincelle électrique ; et en approchant une seconde fois, je reçus l'étincelle à la distance d'environ un demi-pouce, et je la vis bien distinctement. Je répétai la même chose quatre ou cinq fois dans l'espace d'une minute ; mais les étincelles devenaient de plus en plus faibles, et en moins de deux minutes le tube de fer-blanc ne donna plus aucun signe d'électricité. Il faisait une pluie continuelle pendant le tonnerre, mais elle était considérablement ralentie dans le temps que je fis l'expérience. »

Le 12 août suivant, le docteur Bevis observa à peu près les mêmes effets. Le même jour, Wilson répéta cette expérience dans le voisinage de Chelmsford, dans le comté d'Essex. Son appareil consistait simplement en une tringle de fer dont il introduisait un bout dans une bouteille de verre qu'il tenait à la main ; l'autre extrémité, terminée par trois aiguilles, étant en plein air. Avec un doigt de l'autre main il tira des étincelles, quoiqu'il ne fût point dans un endroit élevé, mais seulement dans un jardin (1).

C'est en voulant se livrer aux mêmes expériences que

(1) *Transactions philosophiques*, t. XLVII, p. 568. — Priestley, *Histoire de l'électricité*, t. II, p. 168.

Richmann, membre de l'Académie impériale de Saint-Pétersbourg, et professeur de physique d'un grand renom, périt dans cette ville frappé d'un véritable coup de foudre. Richmann avait élevé, sur le faîte de sa maison, le même appareil qui était alors employé par tous les physiciens sur plusieurs points de l'Europe; mais il avait porté un soin tout particulier à l'isolement de la barre de fer. La chambre dans laquelle il opérait n'avait d'autre plafond que le toit de la maison. Le trou qui fut pratiqué à ce plafond pour laisser passer la tige métallique fut garni d'un tube de verre pour l'isoler complétement dans ce point. La partie extérieure de la tige de fer, qui s'élevait de quelques pieds au-dessus du toit, était dorée pour la préserver de la rouille. La tige se terminait dans l'intérieur de la chambre; elle était portée sur un tube de verre et soutenue par une masse de poix. Richmann pouvait ainsi observer tout à son aise les effets électriques (1). Il avait même disposé un carillon électrique, pour être averti à distance de la présence du fluide.

Richmann se proposait de procéder, dans un moment d'orage, à la mesure de l'intensité du fluide électrique soutiré de l'atmosphère extérieure; il espérait obtenir ainsi quelques renseignements sur la force comparative de l'électricité dans les nuages orageux. Pour mesurer l'intensité de ces effets, il avait imaginé une sorte d'électromètre, qu'il désignait sous le nom de *gnomon électrique*, et qui, peu différent de notre électroscope actuel, consistait en un corps léger repoussé par l'action électrique, et dont l'angle d'écartement servait de mesure à l'intensité du fluide (2).

(1) *La Physique à la portée de tout le monde*, par le Père Paulian, t. II, p. 357.

(2) Dans son *Précis historique et expérimental des phénomènes électriques*, Sigaud de la Fond, qui a donné, d'après la lettre du graveur Solokow, adressée à la Société royale de Londres, et le témoignage du comte de Strogonoff, la relation la plus exacte et la plus complète de la mort

Le 6 août 1753, tandis que Richmann assistait à une réunion de l'Académie de Saint-Pétersbourg, un faible coup de tonnerre retentit dans le lointain. Aussitôt Richmann quitte sa place et se hâte de rentrer chez lui, pour observer sur son appareil les effets de l'orage qui s'approche. En même temps, il dépêche un employé de l'Académie chez le graveur Solokow, qui était chargé de dessiner et de graver une planche représentant son *gnomon électrique* destinée à accompagner le mémoire qu'il préparait sur ce sujet. Pour que le graveur fût mieux en état de bien représenter cet appareil, Richmann désirait le faire assister à ses expériences.

Lorsque Solokow se rendit dans la maison de Richmann, l'orage grondait avec violence sur Saint-Pétersbourg. En entrant dans le cabinet du physicien, il trouva ce dernier debout près du conducteur, son électromètre à la main, mais se tenant à une certaine distance, en raison de l'intensité de l'orage et de la force des étincelles qui partaient de la barre électrisée. Après l'entrée du graveur, Richmann fit, par mégarde, quelques pas en avant, et se trouva placé à un pied seulement du conducteur. Aussitôt un éclair, « sous la forme d'un globe de feu bleuâtre, gros comme le poing, » dit Solokow, s'élança du conducteur, et vint frapper au front l'infortuné Richmann, qui tomba roide mort. La chambre se remplit en même temps d'une vapeur sulfureuse ; Solokow lui-même fut renversé par la violence du coup de foudre, mais il ne tarda pas à reprendre ses sens,

de Richmann, décrit ainsi l'espèce d'électromètre dont Richmann voulait faire usage :

« Ce gnomon était fait d'une baguette de métal, qui aboutissait à un petit vase de verre, dans lequel M. Richmann mettait, sans qu'on puisse en deviner la raison, un peu de limaille de cuivre. Au haut de cette baguette était attaché un fil qui pendait le long de la baguette quand elle n'était point électrisée ; mais dès qu'elle l'était, il s'en éloignait à une certaine distance, et formait conséquemment un angle à l'endroit où il était attaché. Pour mesurer cet angle, il avait un quart de cercle attaché au bout de la baguette de fer. » (P. 355.)

sans pouvoir toutefois se rappeler avoir entendu le bruit de l'explosion.

Le petit conducteur métallique qui servait à transmettre le fluide à l'électromètre fut brisé en mille pièces ; on en trouva les morceaux dispersés sur les habits de Solokow. Le vase de verre qui faisait partie de l'électromètre ne fut brisé qu'à moitié, et la limaille de cuivre dispersée dans tout l'appartement. La porte était brisée et jetée dans l'intérieur ; le chambranle de cette porte était fendu.

Quand la femme du professeur, accourant à cette détonation, entra dans le cabinet, elle vit le malheureux martyr de l'électricité renversé sur une caisse qui se trouvait là, et tenant encore à la main les débris de l'appareil avec lequel il avait cru pouvoir estimer la force du météore électrique. Terrible et majestueuse ironie de la nature, qui frappait d'un coup mortel le savant qui s'était flatté de mesurer sa puissance !

Le cadavre ayant été examiné par les gens de l'art, on trouva au front les traces d'une profonde brûlure; deux autres apparaissaient au côté droit de la poitrine. Plusieurs taches, rouges et bleues, se montraient au côté gauche, comme si la peau eût été grillée. L'un des souliers présentait un large trou, ce qui semblait indiquer que le coup de foudre, entré par la tête, était sorti par les pieds. Le cœur était en bon état; mais la partie postérieure du poumon était noirâtre et gorgée de sang; le duodenum, l'intestin grêle et le pancréas étaient également le siége d'une forte congestion sanguine. Quant à Solokow, il se remit promptement, et ne conserva pas de trace de cet accident terrible ; seulement on remarquait sur le dos de son habit de longues raies étroites, comme si des fils de fer rouges en eussent grillé l'étoffe (1).

(1) *Histoire de l'Académie des sciences* pour 1753; p. 78.

L'événement funeste dont Richmann fut victime s'explique par les dispositions mêmes de son appareil. Ce physicien fut foudroyé, parce qu'au lieu d'établir une communication entre son conducteur et la terre, de manière à disséminer dans la masse du sol l'électricité tirée des nuages, il chercha, au contraire, à l'isoler avec tout le soin possible. Dès lors, la matière de la foudre, accumulée dans la partie du conducteur qu'il avait introduite dans son cabinet, ne trouvant aucune issue pour s'échapper, s'élança vers sa tête, qui ne se trouvait qu'à un pied de distance de l'appareil. Si, au contraire, il avait eu soin de ménager au conducteur une communication avec la terre, la matière de la foudre eût suivi inoffensivement cette route.

Il importe cependant de faire remarquer que l'appareil de Richmann n'était qu'une reproduction de celui que Dalibard avait employé à Marly, conformément aux indications de Franklin, et le même que tous les autres physiciens de l'Europe avaient fait construire pour recueillir l'électricité des nuages orageux. Il ne présentait d'autre différence que dans la manière plus efficace d'assurer l'isolement du conducteur. Il faut conclure de là que Franklin n'avait pas suffisamment raisonné l'expérience qu'il proposait aux physiciens, et qu'en construisant un appareil sur le plan qu'il avait donné, il exposait les expérimentateurs à de graves dangers.

La mort de Richmann, éclairant les observateurs sur les périls attachés à ces expériences, les rendit plus circonspects dans ces tentatives audacieuses où l'on osait braver le plus terrible des météores. Mais elle n'arrêta pas l'élan des physiciens, qui continuèrent de suivre avec ardeur cette voie intéressante de recherches, en s'entourant toutefois des mesures commandées par la prudence.

Boze et le père Gordon furent les premiers à répéter en

Allemagne l'expérience de Marly. Lomonozow, en 1753, se livra, en Russie, aux mêmes essais (1).

Les physiciens de l'Italie se distinguèrent par leur ardeur à étudier l'électricité atmosphérique. Zanotti répéta le premier dans ce pays l'expérience de la barre isolée.

Verrat fit plusieurs recherches à l'observatoire de Bologne, avec une très-longue barre de fer posée sur une masse de soufre; il obtint des signes électriques par tous les temps (2). Th. Marin, de la même ville, se livra à des expériences sur ce sujet au moyen d'une barre élevée sur le toit de sa maison. Il essaya de rechercher des relations entre la pluie et l'électricité atmosphérique (3).

A Florence, divers physiciens élevèrent, dans les derniers mois de l'année 1752, des barres de fer isolées pour recueillir l'électricité aérienne. En tirant des étincelles d'une barre de fer électrisée par le tonnerre, on essuya des coups violents. L'un de ces physiciens, M. de la Garde, écrivait de Florence à l'abbé Nollet : « qu'un jour, voulant attacher « une petite chaîne, garnie par un bout d'une boule de « cuivre, à une grande chaîne qui communiquait avec une « barre placée au haut d'un bâtiment afin d'en tirer des « étincelles par le moyen des oscillations de cette boule, il « y vint une traînée de feu qu'il ne vit pas, mais qui fit sur « la chaîne un bruit semblable à celui d'un feu follet. Dans « cet instant, l'électricité se communiqua à la chaîne qui « portait la boule de cuivre, et donna à l'observateur une « commotion si violente, que la boule lui tomba des mains « et qu'il fut repoussé de quatre ou cinq pas en arrière. Il « n'avait jamais été frappé si fort par l'expérience de « Leyde (4). »

(1) *Transactions philosophiques*, t. XLVIII, part. 2, p. 272.
(2) *Cours de physique de Mussenbroek*, t. I, p. 397.
(3) *Ibidem*, t. I, p. 397.
(4) *Journal des savants*, oct. 1753, p. 222.—Mussenbroek, t. I, p. 397.

Le père Beccaria surpassa de beaucoup tous les expérimentateurs de l'Italie dans ses recherches sur l'électricité atmosphérique. C'est grâce aux expériences de cet observateur éminent, que l'étude de l'électricité atmosphérique put s'élever plus tard sur des bases solides, et former une branche importante de la physique. Un grand nombre d'observations faites de nos jours, et qui ont beaucoup servi pour les études de la météorologie actuelle, ne sont que la reproduction des faits observés antérieurement par le physicien de Turin.

CHAPITRE V.

Les cerfs-volants électriques. — Expériences de Romas à Nérac.

Les découvertes intéressantes qu'avait amenées l'emploi des barres de fer élevés dans l'espace, devaient engager les observateurs à tenter d'obtenir des résultats plus brillants encore. Mais on ne pouvait, avec des barres métalliques plantées dans le sol, recueillir l'électricité aérienne qu'à une bien faible élévation. C'est alors que se présenta l'idée d'aller puiser l'électricité au plus haut de l'air, au moyen d'un corps léger armé d'une pointe, et retenu de terre par un fil, c'est-à-dire l'idée du *cerf-volant électrique.*

Nous allons nous écarter beaucoup de l'opinion commune, en essayant de prouver que la première idée du cerf-volant électrique n'appartient pas à Franklin, comme on l'a toujours admis depuis un siècle ; mais qu'elle est due à un physicien français, à Romas, de Nérac.

Dans les classes élevées de la société du dernier siècle, on trouvait quelques hommes d'élite qui, préparés par une éducation supérieure, distingués par l'élévation de l'esprit

et du caractère, se sentaient instinctivement attirés vers tout ce que l'intelligence humaine peut produire dans les régions diverses où elle s'exerce. Beaux-arts, littérature, sciences, rien n'était étranger aux membres de cette société, souverainement élégante et polie. On voyait, dans ces cercles distingués, le spectacle intéressant de l'aristocratie de la naissance accueillant et recherchant l'aristocratie du mérite; les savants étaient toujours sûrs d'y rencontrer des protecteurs généreux, quelquefois même des émules.

C'est un cénacle de ce genre qui existait, au milieu du XVIIIe siècle, dans la province de Guyenne. Le fondateur, l'arbitre de cette petite société bordelaise, était le chevalier de Vivens. Littérateur brillant, agronome de premier ordre, versé dans les différentes branches des connaissances scientifiques, le chevalier de Vivens, l'un des esprits les plus distingués de son temps, était éminemment digne de présider et de diriger les hommes d'élite dont il aimait à s'entourer, et que son hospitalité généreuse rassemblait d'habitude dans son château de Clairac. Dans ces assemblées familières, qui se tenaient sous les frais ombrages de Clairac, on trouvait réunis, Montesquieu, qui aimait à se délasser de ses hautes spéculations sur l'histoire des lois et de la philosophie par la culture de l'histoire naturelle et de la physique ; — le baron de Secondat, son fils, à qui l'Académie de Bordeaux dut plusieurs mémoires scientifiques estimés ; — le docteur Raulin, qui fut médecin par quartier de Louis XV ; — les frères Dutilh, qui habitaient un château des environs de Nérac, gentilshommes instruits et particulièrement habiles dans les expériences de physique ; — les abbés Guasco et Venuti ; — enfin, M. de Romas, que ses fonctions d'assesseur au présidial avaient fixé à Nérac, sa ville natale.

Après le chevalier de Vivens, le chef scientifique de cette docte assemblée, l'inspirateur de ses travaux modestes,

était Romas, savant d'un mérite réel, et qui, comme nous l'avons dit, ne resta étranger à aucune branche de la physique. C'est grâce à la sagacité de Romas, et au concours du petit cénacle de ses nobles et savants amis, que les expériences commencées à Paris sur l'électricité atmosphérique, trouvèrent à Nérac un complément et une suite qui forment une des pages les plus brillantes de l'histoire de la physique moderne.

On a vu, dans le chapitre précédent, que Romas, depuis longtemps voué à l'étude expérimentale de l'électricité, s'empressa, dès qu'il en eut connaissance, de répéter à Nérac l'expérience de Marly. On a vu que, dès le mois de juin 1752, c'est-à-dire un mois après l'expérience de Dalibard, Romas faisait des recherches sur l'électricité atmosphérique avec une barre de fer isolée, et qu'il obtenait des résultats intéressants au moyen de sa verge de fer mobile, qu'il rendait tantôt verticale et tantôt inclinée sur l'horizon.

C'est dans le cours de ces dernières expériences qu'il vint à l'esprit de Romas la pensée d'envoyer vers les nuages orageux un cerf-volant armé d'une pointe métallique, afin d'amener l'électricité des cieux jusqu'à la terre, au moyen de la corde du cerf volant. Au mois d'août 1752, il communiqua, sous le sceau du secret, le projet de cette expérience à ses amis, le chevalier de Vivens et les frères Dutilh. L'un de ces derniers fut chargé de s'occuper de la construction du cerf-volant; il fut même convenu qu'il serait lancé dans son domaine de Nérac ; mais M. Dutilh mit de la négligence à s'occuper de ce soin, de telle sorte que l'automne de 1752 s'écoula sans qu'on pût mettre à exécution l'expérience projetée.

Romas faisait allusion au projet de ce cerf-volant électrique, dans une lettre qu'il adressa à l'Académie de Bordeaux, le 12 juillet 1752, pour faire connaître le résultat de ses observations sur la barre isolée. Il s'exprimait comme il suit,

employant à dessein des termes détournés, pour ne pas ébruiter d'avance le projet d'une expérience qu'il n'avait pu mettre encore à exécution : « Je me réserve de mettre au jour la « dernière, *quoiqu'elle ne soit qu'un jeu d'enfant*, lorsque je « me serai assuré de sa réussite, par l'expérience que je me « propose d'en faire (1). »

(1) Par ce terme de *jeu d'enfant*, Romas entendait désigner le cerf-volant. C'est ce qu'il prouve dans le passage suivant de sa *Lettre au rédacteur du Journal encyclopédique*, dont nous parlerons plus loin et dont nous citons ici ce fragment isolé à titre de confirmation de ce qui précède.

« Mais on m'objectera peut-être, dit Romas, que ces termes « *quoiqu'elle ne soit qu'un jeu d'enfant*, » qu'on lit à la fin de la lettre du 12 juillet 1752, ne désignent point la machine du cerf-volant d'une manière aussi claire que vous l'avez soutenu. Ainsi il vous reste de produire des preuves plus certaines de votre prétention au sujet de cette machine.

« Comme je n'ignore pas qu'il y a des yeux troubles ou louches, qui voient obscurément ou de travers les objets qui sont reconnus par d'autres très-distinctement et tels qu'ils sont en effet, je ne dédaigne point de répondre à cette objection. Pour satisfaire tout le monde, je demande si le témoignage de trois personnes dignes de foi sera capable de terminer la contestation ? Si ce témoignage est trouvé suffisant, je prie quelqu'un de ceux qui se sont déclarés contre moi, de vouloir prendre la peine d'interpeller MM. Dutilh, Bégué, curé d'Asquets, et le chevalier de Vivens, qui est très-connu dans la république des sciences, et l'on sera bientôt assuré que, par ces termes, *quoiqu'elle ne soit qu'un jeu d'enfant*, j'entendais parler du cerf-volant électrique.

« M. Dutilh répondra que, dès le lendemain de ma première expérience, qui fut faite le 9 juillet 1752 avec la barre de M. Franklin, ainsi qu'il paraît par ma lettre du 12, je lui confiai, sous le sceau du secret, l'idée que j'avais d'employer le cerf-volant des enfants aux expériences de l'électricité du tonnerre ; qu'il se chargea de construire tout de suite cette machine, afin de la mettre à l'épreuve, avant que la saison des orages ne fût passée ; et que si je ne l'éprouvai point avant l'hiver, ce fut parce qu'il ne trouva point les matériaux dont il avait besoin pour le construire.

« M. Bégué, curé d'Asquets, dira que je lui confiai le même secret ; qu'à la vérité ils ne se ressouviennent pas précisément du temps ; mais ils affirmeront que ce fut cinq à six jours après la première expérience que j'avais faite avec la barre de M. Franklin, et ils ajouteront que, si l'on sait le jour de cette première opération, on saura le jour de la confidence (a).

(a) Cela est sûr, puisque ma première expérience avec la barre de M. Franklin est du 9 juillet 1752 comme il est prouvé par ma lettre du 12 juillet 1752 à l'Académie de Bordeaux.

Mais laissons notre physicien nous raconter lui-même comment lui vint, en 1752, l'idée du cerf-volant électrique, et par quelles circonstances l'expérience qu'il avait méditée dut être renvoyée à l'année suivante. On trouve ce récit dans un petit ouvrage de Romas, qui parut à Bordeaux en 1776, et qui a pour titre : *Mémoires sur les moyens de se garantir de la foudre dans les maisons*. Après avoir rappelé les résultats qu'il avait communiqués le 12 juillet 1752 à l'Académie de Bordeaux, concernant ses expériences avec la barre de fer électrisée, Romas continue en ces termes :

« De cette observation je conclus que si je pouvais élever un corps non électrique et l'isoler commodément, j'obtiendrais de grandes lames de feu au lieu de petites étincelles.

« Pour vérifier cette conclusion, je pensai d'abord à substituer à la barre, qui avait sept à huit pieds de hauteur verticale au-dessus du toit de ma maison, un des plus longs mâts de navire que je pourrais trouver. Mais, ayant bientôt entrevu la nécessité d'une grande dépense, soit pour me procurer cette pièce, soit pour l'isoler, et plus encore dans la crainte de ne point obtenir des effets fort considérables, j'abandonnai cette idée presque dans le moment où je la conçus.

« M. le chevalier de Vivens déposera qu'il se rappelle très-bien que je me rendis à Clairac, à la prière de M. de Secondat et à la sienne, vers la mi-août 1752, pour leur faire voir, si l'occasion s'en présentait, l'électrisation de la barre de M. Franklin par le feu du tonnerre ; que le 18 du même mois je dressai cette machine au-dessus du toit du château de Vivens ; qu'elle fut éprouvée avec succès le lendemain ; que l'expérience finie, étant entrés lui et moi dans son cabinet, il me loua beaucoup sur la simplicité que j'avais donnée à la suspension et à l'isolement de la barre ; qu'ayant répondu comme je le devais à son compliment, je lui dis que j'avais l'idée d'une machine qui serait beaucoup plus simple et de laquelle je comptais néanmoins tirer des effets mieux marqués ; qu'enfin je lui parlai du cerf-volant des enfants, tel que je l'ai exécuté et perfectionné depuis.

« Voilà, Monsieur, à peu près les termes dans lesquels les dépositions de ces trois messieurs seraient conçues, si quelqu'un venait à les interpeller. Mais comme mes adversaires ne voudraient peut-être pas se donner le soin de rassembler ces dépositions, et que par bonheur elles sont consignées dans des lettres qui datent d'assez loin, j'offre de vous en confier les originaux, si vous jugez qu'il soit nécessaire de les faire connaître au public, ou même si vous le désirez, pour votre propre satisfaction. »

« Néanmoins, toujours plein du désir d'augmenter le volume du feu électrique, il fallut chercher le moyen qu'il y avait à trouver pour y parvenir; en conséquence, je me plongeai dans de nouvelles méditations. Enfin une demi-heure après, tout au plus, le cerf-volant des enfants se présenta tout à coup à mon esprit, et comme j'y vis aussitôt, sinon les effets éclatants que cette machine a montrés depuis, du moins en partie, il me tardait de la mettre à l'épreuve.

« Par malheur je n'en avais pas le temps; je devais rendre compte de mes observations sur la barre de M. Franklin à l'Académie de Bordeaux. C'est ce dont je m'acquittai, par une grande lettre que j'adressai à cette compagnie le 12 juillet 1752. Je ne me bornai pas à cela : je lui parlai aussi du procédé à la faveur duquel j'espérais de faire produire plus de feu électrique que je n'en avais vu sur la barre : je lui indiquai même suffisamment en quoi ce procédé consistait, puisque je le lui annonçai comme un simple jeu d'enfant.

« L'Académie reçut cette lettre avec un contentement des plus sensibles. Elle m'en donna une preuve, en me disant dans sa réponse, que le public, qui se plaît naturellement aux choses extraordinaires, serait bien aise, sans doute, de connaître mes observations sur le feu électrique du tonnerre, et l'utilité que je pensais pouvoir en retirer; que cette considération l'avait déterminée à faire lire ma lettre dans l'assemblée publique du 25 août prochain; mais que comme nous étions dans la saison des orages, et que peut-être il s'en élèverait quelqu'un avant le jour de cette séance, elle m'exhortait à continuer les expériences sur la barre, afin qu'elle eût quelque autre particularité à présenter au public sur la même matière.

« La façon d'électriser avec une barre, sans prendre d'autres soins que ceux de l'isoler, et de l'exposer à l'air, en temps d'orage, était trop piquante par elle-même, et la réponse de l'Académie m'était trop flatteuse, pour que je ne tinsse point compte de suivre sa recommandation. Animé par ce double motif, je renvoyai l'essai de mon cerf-volant à la première occasion qui se présenterait après le 25 août, et je continuai, sur la barre de M. Franklin, les expériences qui m'offrirent effectivement de nouveaux phénomènes dont je fis part à cette compagnie.

« Le mois d'août étant passé, il n'y eut presque plus d'orage, je ne pus même pas me procurer un cerf-volant avant l'hiver. Ainsi forcé d'attendre le printemps de l'année suivante, je ne

lançai en l'air cette espèce de châssis, que le 14 du mois de mai 1753. »

C'est, en effet, au mois de mai 1753 que Romas commença, avec son cerf-volant électrique, de procéder à ses expériences, qui furent poursuivies et variées avec une sagacité et un courage vraiment extraordinaires. Ces expériences doivent être rapportées avec détails.

Le premier cerf-volant qui fut lancé par Romas, avait 18 pieds carrés de surface. Attaché à une simple corde de chanvre, il fut lancé une première fois le 14 mai 1753 ; mais on ne put tirer de la corde aucune étincelle, bien qu'il tombât alors une pluie légère qui devait en augmenter la conductibilité, et que l'existence de l'électricité dans l'atmosphère fût rendue évidente par l'électrisation des barres de fer isolées que Romas avait élevées pour ses expériences antérieures.

L'issue de cette première tentative aurait découragé une volonté moins forte, un jugement moins sûr que celui du physicien de Nérac. Il ne se laissa pas déconcerter par cet échec, qu'il expliqua fort bien en remarquant que pendant son expérience, la pluie avait été faible, la corde de chanvre peu mouillée, et « qu'une corde de chanvre, qui n'est pas « mouillée, ne conduit jamais bien le feu électrique que lors- « que l'électricité est très-forte (1). » Sur cette réflexion, il chercha aussitôt le moyen de remédier au défaut de conductibilité de son appareil.

Ce moyen consista à huiler le papier du cerf-volant, et à

(1) *Mémoire où, après avoir donné un moyen aisé pour élever fort haut et à peu de frais un corps électrisable isolé, on rapporte des observations frappantes, qui prouvent que plus le corps isolé est élevé au-dessus de la terre, plus le feu de l'électricité est abondant*, par M. de Romas, assesseur au présidial de Nérac, publié dans les mémoires des savants étrangers à l'Académie des sciences (*Mémoires de mathématique et de physique présentés à l'Académie royale des sciences de Paris par divers savants, et lus dans les assemblées publiques*, 1755, t. II, p. 393.

garnir la corde de chanvre, sur toute sa longueur, d'un fil de cuivre continu, c'est-à-dire d'un excellent conducteur du fluide électrique. Romas fut aidé, dans la longue opération qui consistait à enrouler le fil de cuivre autour de la corde, par M. Dutilh, son collaborateur ordinaire dans ses expériences de physique.

Le 7 juin 1753, par une journée très-orageuse, le cerf-volant fut lancé à différentes reprises dans les allées qui servent de promenade extérieure à la ville de Nérac. La corde dont il était muni avait une longueur de 260 mètres. L'absence du vent, pendant une partie du jour, empêcha le cerf-volant de se soutenir en l'air; mais à deux heures et demie, pendant qu'il tonnait du côté de l'ouest, le vent s'étant levé, on réussit mieux, bien qu'on eût lâché toute la corde qui, faisant alors avec l'horizon un angle d'à peu près 45 degrés, maintenait le cerf-volant à une hauteur d'au moins 183 mètres.

Le vent s'étant fortifié, il devint probable que le cerf-volant ne tomberait pas. Romas attacha donc à la partie inférieure de la corde du cerf-volant, un cordonnet de soie de 1 mètre 15 centimètres de longueur, et ce cordon lui-même vint se rattacher à une sorte de pendule formé d'une pierre très-lourde, qui fut placé sous l'auvent d'une maison. A la corde et avant le cordonnet de soie, on suspendit un cylindre de fer-blanc de 35 centimètres de longueur et de 3 centimètres de diamètre, qui, communiquant avec le fil de cuivre du cerf-volant, devait servir à tirer des étincelles en cas d'électrisation. Pour éviter tout accident, et préserver l'opérateur, Romas avait eu soin de préparer un *excitateur*, qui consistait en un petit tube de fer-blanc d'un pied de longueur, fixé à un tube de verre.

Plus de deux cents personnes, sorties de la ville, assistaient, avec une curiosité facile à comprendre, à la belle expérience qui se préparait.

Les premières étincelles que Romas tira avec l'excitateur étaient faibles ; elles provenaient seulement de quelques petites nuées détachées du gros de l'orage, encore éloigné. La médiocre intensité de ces effets électriques l'encouragea à les tirer avec le doigt, sans se servir de l'excitateur ; et, bientôt, à son exemple, tous les assistants s'approchèrent et se divertirent à faire partir des étincelles du tube de fer-blanc. Chacun s'avançait à tour de rôle, et s'amusait à faire jaillir le feu électrique ; les uns l'excitaient simplement avec le doigt, d'autres avec leur épée, avec une canne, un bâton ou une clef.

Ce petit exercice, qui dura vingt minutes, fut interrompu par un défaut d'électricité, dont la cause apparut manifestement aux yeux des spectateurs. Les petits nuages noirs qui avaient occasionné les premières étincelles, avaient disparu ; on ne voyait à leur place qu'un nuage blanc à travers lequel on apercevait distinctement le bleu du ciel.

Dix minutes après, l'électricité reparut, mais d'abord très-faible. Après avoir langui quelques instants, elle reprit avec une certaine force. Tous les spectateurs, se rapprochant alors, recommencèrent leurs amusements. On jouait gaiement avec le tonnerre ; au milieu des rires et des propos animés, on s'émerveillait de voir étinceler sous ses doigts le feu descendu des nues. Mais tout à coup, et sans que rien eût fait présager ce brusque retour offensif de l'électricité, Romas, en tirant une étincelle, fut frappé d'une commotiou si violente qu'il en fut à demi renversé. A ses mouvements convulsifs, les assistants reconnurent bien qu'il avait été gravement frappé. Cependant, sept ou huit personnes ne craignirent pas de s'exposer au même coup ; elles se donnèrent la main comme dans l'expérience de Leyde, et la première toucha de son doigt le tube de fer-blanc, aussitôt une forte commotion fut ressentie jusqu'à la cinquième personne.

Romas, comprenant alors que l'heure des amusements est

passée, éloigne la foule qui l'entoure, et demeure seul auprès de son appareil, tenant l'excitateur à la main.

L'orage s'animait de plus en plus. Quoiqu'il ne tombât encore aucune goutte de pluie, de gros nuages noirs s'élevaient à l'horizon, et d'autres, placés au-dessus du cerf-volant, faisaient craindre qu'une très-forte électricité n'apparût tout à coup, et n'occasionnât quelque accident tragique.

Armé de son excitateur, Romas s'approche du tube de fer-blanc, et il en tire, à la distance de quatre pouces, des étincelles qui avaient plus d'un pouce de longueur et deux lignes de largeur. Il excita ensuite, à une plus grande distance, des étincelles de deux pouces de long et grosses à proportion. Bientôt elles firent place à de véritables lames de feu, qui partaient à la distance de plus d'un pied, et dont l'explosion se faisait entendre à plus de deux cents pas.

Pendant qu'il continuait ainsi, il sentit au visage, bien qu'il se trouvât éloigné de plus de trois pieds de la corde, comme une impression de toile d'araignée: c'était l'émanation électrique du fil du cerf-volant qui, disséminée dans tous les sens, produisait cet effet, que l'on remarque souvent quand on se tient près du conducteur d'une puissante machine électrique en activité. Romas cria de toute sa force aux assistants de se reculer au plus tôt. Il fit lui-même un pas en arrière; mais bientôt cette même sensation de toile d'araignée s'étant fait sentir une seconde fois, il s'écarta un peu plus.

Malgré le péril, croissant de minute en minute, Romas demeura alors seul à son poste d'observation, affrontant stoïquement la mort pour les intérêts de la science et de l'humanité. Dans cette situation émouvante, dramatique et la plus solennelle peut-être qu'aient enregistrée les annales des sciences, il conserva assez de sang-froid et de calme fermeté pour observer tous les phénomènes qui s'offraient à ses yeux, comme s'il eût procédé, dans le laboratoire, à une expérience ordinaire.

On entendait un bruissement continu comparable au bruit d'un soufflet de forge. Une forte odeur sulfureuse émanait du conducteur ; elle était analogue à celle des machines électriques. Malgré la lumière du jour, on distinguait autour de la corde du cerf-volant un cylindre lumineux de trois à quatre pouces de diamètre. Il est probable, d'après cela, que si l'on eût opéré pendant la nuit, on eût assisté au spectacle admirable et vraiment unique d'une immense colonne de lumière partant de la terre pour se perdre dans les cieux.

Trois longues pailles, qui se trouvaient par hasard sur le sol, commencèrent une sorte de danse de pantins, qui réjouit beaucoup les spectateurs. Ces pailles, soulevées de terre, circulaient en sautillant, comme des marionnettes, au-dessous du tuyau de fer-blanc : ce spectacle dura un quart d'heure. Ensuite, quelques gouttes de pluie étant tombées, l'électricité redoubla d'énergie.

Romas cria de nouveau aux assistants de se reculer, et lui-même, se tenant plus à l'écart, jugea bon de ne plus tirer d'étincelles, même avec l'excitateur. Cet acte de prudence n'était que trop justifié. Ce ne fut pas, en effet, sans effroi qu'on entendit une explosion violente, qui provenait de l'électricité du conducteur se déchargeant sur la plus longue des pailles. Le bruit de l'explosion, formée de trois craquements successifs, ne fut pas aussi fort que celui du tonnerre, mais on l'entendit jusque dans le milieu de la ville. Quelques assistants le comparèrent au bruit que ferait une grosse cruche de terre que l'on jetterait avec violence sur le pavé. La lame de feu qui parut au moment de cette explosion, avait la forme d'un fuseau de quatre à cinq lignes de diamètre. La paille s'éleva le long de la corde du cerf-volant ; on la vit jusqu'à une distance de 100 mètres, tantôt attirée, tantôt repoussée, avec cette circonstance que chaque fois qu'elle était attirée par la corde, il en partait des lames de feu accompagnées d'explosions.

A cette décharge, qui était certainement un petit coup de tonnerre, en succédèrent bientôt deux autres, occasionnées sans doute par quelques menus corps qui se trouvaient sur la terre au-dessous du tuyau de fer-blanc.

Une dernière observation que fit Romas dans le cours de cette expérience, et certainement la plus importante de toutes, c'est qu'à partir du moment où les étincelles tirées du conducteur de fer-blanc furent un peu fortes, jusqu'à la fin de l'expérience, les nuages ne donnèrent plus ni éclairs ni pluie, et qu'à peine entendit-on le tonnerre dans le ciel. Les signes d'orage reprirent après la chute du cerf-volant. Ce fait prouve bien que Romas, dans cette expérience extraordinaire, fit avorter l'orage, déchargea les nuages électrisés. c'est-à-dire les dépouilla de la plus grande quantité de leur fluide, qu'il fit descendre, inoffensif, jusqu'à la terre (1).

L'expérience se termina par la chute du cerf-volant. Le vent ayant tourné à l'est, la pluie devint plus abondante et il tomba un peu de grêle; dès lors le cerf-volant ne put plus se soutenir en l'air.

Pendant qu'il tombait, la corde ayant touché à un toit, on crut pouvoir la manier sans danger. On en pelota environ 40 mètres; mais le cerf-volant s'étant par hasard un peu soulevé par l'effort du vent, le conducteur ne toucha plus au toit, et celui qui le tenait sentit dans les mains un craquement si fort, et dans le corps une commotion si violente, qu'il fut obligé de tout lâcher. La corde qu'il abandonna tomba sur le pied de l'un des assistants, qui éprouva une forte secousse.

Le mémoire dans lequel Romas décrit l'expérience admi-

(1) L'expérience de Romas fait concevoir la possibilité d'un projet qui a été mis en avant par Arago et qui consisterait à transformer les nuages orageux en nuages ordinaires, à l'aide de cerfs-volants ou d'aérostats munis de conducteurs convenables. En empêchant les orages, ce moyen pourrait aussi probablement prévenir la formation de la grêle, qui semble liée à la présence, dans les nuages, d'une grande quantité de fluide électrique.

rable que nous venons de rapporter, se termine par des conseils aux personnes qui, selon son expression, « ayant un courage mâle, » voudraient faire la même tentative. Ces conseils, donnés avec une précision rigoureuse, sont en harmonie avec les faits les mieux établis en électricité, et la science moderne ne trouverait aucun changement à y apporter. Les indications données par Romas pour se mettre à l'abri des dangers de l'électricité soutirée des nuages par le cerf-volant sont applicables aux barres métalliques. Si elles avaient été connues plus tôt, l'infortuné Richmann, à Saint-Pétersbourg, ne serait pas mort foudroyé.

Le mémoire de Romas, racontant les détails de l'expérience du cerf-volant, fut lu dans une séance publique de rentrée de l'Académie des sciences de Bordeaux, où il excita un véritable enthousiasme. L'Académie des sciences de Paris, sur le désir de l'abbé Nollet, en ordonna l'insertion dans les *Mémoires des savants étrangers :* il parut dans ce recueil en 1755 (1).

Romas continua pendant plusieurs années ses expériences sur l'électricité atmosphérique, soit avec des barres, soit avec des cerfs-volants. Selon M. Mergey, professeur de physique au lycée de Bordeaux, auteur d'une excellente *Étude sur les travaux de Romas,* couronnée en 1853 par l'Académie de Bordeaux, et à laquelle nous avons emprunté divers renseignements, « Romas consigna les nombreux résultats de ses « observations dans un journal d'expériences qui n'a pas été « conservé. Quelques extraits de ce journal, relatifs à l'élec- « tricité de l'air en temps ordinaire et en l'absence de tout « nuage orageux, lui fournirent la matière d'un Mémoire « présenté à l'Académie de Bordeaux (avril 1753), et qui « existe encore en manuscrit. »

(1) *Mémoires de mathématique et de physique présentés à l'Académie royale des sciences par divers savants et lus dans les assemblées,* t. II, p. 393.

Romas crut avoir constaté le premier la présence de l'électricité dans l'atmosphère par un ciel serein ; mais sa mauvaise fortune voulut que Lemonnier, comme nous l'avons dit plus haut, eût fait avant lui la même découverte, dont il donna communication à l'Académie des sciences de Paris, en novembre 1752. Nous devons dire pourtant que les expériences de Nérac, si elles vinrent après celles de Paris, furent faites sur une bien plus large échelle, et que les conclusions en furent plus nettement formulées.

Aucun physicien n'a jamais déployé, dans un cas semblable, l'audace dont Romas donna les preuves dans toutes ses expériences avec le cerf-volant électrique. Les résultats qu'il obtint sont vraiment prodigieux et n'ont jamais été égalés. Le physicien Charles, qui, à l'exemple de Pilatre de Rozier, exécuta plus tard des expériences avec le cerf-volant électrique, fut loin de reproduire les phénomènes observés par Romas. Plusieurs fois la vie du physicien de Nérac fut en danger. Le 21 juin 1756, il reçut une commotion si forte, qu'il fut jeté par terre. Les effets qu'il obtint en 1757 furent d'une intensité effrayante. Ce n'étaient plus des étincelles électriques qu'il excitait du fil du cerf-volant, mais des lames de feu de neuf à dix pieds de longueur, et d'un pouce de large, qui éclataient avec le bruit d'un coup de pistolet.

La description de ces derniers résultats est contenue dans une lettre écrite par Romas à l'abbé Nollet, le 26 août 1757, et qui a été reproduite dans les *Mémoire des savants étrangers :*

« Vous jugeâtes, Monsieur, écrit Romas à l'abbé Nollet, que ma première expérience électrique du cerf-volant, où j'eus le plaisir de voir des lames de feu de sept à huit pouces de longueur, méritait d'être connue du public, puisque vous m'avez fait l'honneur de l'insérer dans le second volume des mémoires fournis par les étrangers à votre académie; mais les effets électriques du même cerf-volant ont été bien autre chose dans une expérience que je fis le 16 de ce mois, pendant un orage que j'ose dire n'avoir été que médiocre, puisqu'il ne tonna presque point et

que la pluie fut fort menue. Imaginez-vous de voir, Monsieur, des lames de feu de neuf à dix pieds de longueur et d'un pouce de grosseur, qui faisaient autant ou plus de bruit que des coups de pistolet; en moins d'une heure j'eus certainement trente lames de cette dimension, sans compter mille autres de sept pieds et au-dessous. Mais ce qui me donna le plus de satisfaction dans ce nouveau spectacle, c'est que les plus grandes lames furent spontanées, et que, malgré l'abondance du feu qui les formait, elles tombèrent constamment sur le corps non électrique le plus voisin. Cette constance me donna tant de sécurité, que je ne craignis pas d'exciter ce feu avec mon *excitateur*, dans le temps même que l'orage était assez animé, et il arriva que, lorsque le verre dont cet instrument est construit n'eut que deux pieds de long, je conduisis où je voulus, sans sentir à ma main la plus petite commotion, des lames de feu de six à sept pieds avec la même facilité que je conduisais des lames qui n'avaient que sept à huit pouces (1). »

On voit, d'après cela, que, dans cette expérience, Romas déchargeait un nuage orageux, et donnait l'exemple extraordinaire d'un homme osant, de ses propres mains, détourner et diriger la foudre. L'intensité des phénomènes électriques produits dans cette dernière circonstance tenait à l'excessive longueur de la corde du cerf-volant, qui n'avait pas moins de 520 mètres de longueur.

Pour manœuvrer plus commodément un cerf-volant muni d'une telle longueur de corde, Romas avait imaginé une petite machine portée sur un chariot mobile, à l'aide de laquelle il déroulait la corde sans avoir besoin d'y toucher. Il remplaça aussi, à la même époque, l'*excitateur* à manche de verre par un instrument d'un nouveau genre, consistant en un fil métallique attaché à la corde du cerf-volant, et que l'on manœuvrait de loin à l'aide d'un cordon de soie; mais il revint ensuite à ses premières dispositions.

Ces expériences étonnantes sur l'électricité atmosphéri-

(1) *Mémoires de mathématique et de physique présentés à l'Académie royale des sciences par divers savants*, t. IV, p. 514.

que. Romas les exécutait presque toujours en présence des curieux et aux portes de la ville. La population de Nérac, qu'impressionnaient fortement ces effrayantes scènes, avait fini par éprouver une sorte de terreur superstitieuse en présence de l'homme qui osait jouer ainsi avec le plus terrible des météores, et grâce aux préjugés du temps, l'assesseur au présidial passait à Nérac pour un sorcier.

Ce fâcheux renom s'était étendu jusqu'à Bordeaux, et Romas faillit un jour en être victime. En 1759, il s'était rendu dans cette ville pour répéter son expérience du cerf-volant électrique, en présence de M. de Tourny, intendant de la province. Le jardin public fut choisi comme le lieu le plus convenable pour lancer le cerf-volant, qui fut déposé provisoirement, et en attendant un jour d'orage, chez un cafetier logé dans les bâtiments de la terrasse du jardin. Par malheur, la foudre vint inopinément à tomber sur ces bâtiments. La clameur publique ne manqua pas dès lors d'accuser le cerf-volant du physicien de Nérac d'avoir attiré le tonnerre. Le peuple se rassembla en tumulte devant le café, menaçant de tout saccager. Le maître de la maison, pour donner satisfaction aux mécontents, se hâta de jeter hors de chez lui l'innocente machine, que la multitude eut bientôt mise en pièces. L'expérience projetée ne put avoir lieu. Depuis ce jour, lorsque Romas passait dans les rues de Bordeaux, on s'écartait à son approche, et on se montrait au doigt le magistrat impie qui tenait d'une puissance infernale le secret de faire tomber la foudre.

CHAPITRE VI

Cerf-volant électrique de Franklin aux États-Unis. — Parallèle des expériences de Franklin et de Romas.

Arrivons maintenant à l'expérience faite avec un cerf-volant électrique par Franklin, à Philadelphie, expérience qui eut lieu antérieurement à celle de Romas, mais que l'ordre de notre récit nous a obligé de renvoyer ici.

C'est au mois de janvier 1753 que l'Académie des sciences de Paris fut informée, par une lettre de Watson, de l'expérience du cerf-volant électrique, qui venait d'être exécutée par l'électricien des Etats-Unis. Voici le texte de la lettre de Watson, datée de Londres le 15 janvier 1753, et adressée à l'abbé Nollet :

« M. Franklin, écrit Watson, a remis à la Société royale, il y a quinze jours, une assez belle expérience électrique, pour tirer l'électricité des nuées. Sur deux petits bâtons de bois croisés, d'une longueur convenable, faites étendre à ses angles un mouchoir de soie, dressez-le avec une queue et une corde de chanvre, etc., et vous aurez un cerf-volant des enfants. A l'extrémité d'un de ces petits bâtons, à l'autre duquel on attache la queue, il faut mettre un fil de fer d'un pied de longueur; on se sert dans cette machine de soie, au lieu de papier, pour la garantir plus sûrement du vent et de la pluie. Quand on attend un orage de tonnerre (qui sont très-fréquents en Amérique), on fait monter, à l'ordinaire, ce cerf-volant moyennant du fil de chanvre, à l'extrémité duquel on attache un ruban de soie, que l'observateur empoigne, se retirant, pendant qu'il fait de la pluie, dans une maison, afin que ce ruban ne se mouille point. On devrait encore garder que le fil de chanvre ne touchât point les murs, ni les bois de la maison. Quand les nuées de tonnerre s'approchent de la machine, ce cerf-volant avec le fil de chanvre s'électrise, et les petits morceaux de

chanvre s'étendent de tous côtés; et en mettant une petite clef sur ce fil, vous tirez les étincelles; mais lorsque la machine, le fil, etc., sont pleinement mouillés, l'électricité se conduit avec plus de facilité, et on peut voir les aigrettes de feu sortir abondamment de la clef, en approchant le doigt. De plus, de cette façon, on peut allumer l'eau-de-vie, et faire l'expérience de Leyde et toute autre expérience de l'électricité (1). »

Cette lettre est bien laconique, et les éclaircissements qu'elle fournit sont fort incomplets concernant les détails de l'expérience. Pour obtenir une description plus rigoureuse, nous sommes obligé de recourir aux *Mémoires de Franklin*, ou plutôt à la suite de ses Mémoires, composée par son fils, Guillaume Franklin, qui fut gouverneur de New-Jersey :

« Ce ne fut que dans l'été de 1752, écrit cet auteur, que Franklin put démontrer efficacement sa grande découverte. La méthode qu'il avait d'abord proposée était de placer sur une haute tour, ou sur quelque autre édifice élevé, une guérite au-dessus de laquelle serait une pointe de fer isolée, c'est-à-dire plantée dans un gâteau de résine. Il pensait que les nuages électriques qui passeraient au-dessus de cette pointe lui communiqueraient une partie de leur électricité, ce qui deviendrait sensible par les étincelles qui en partiraient toutes les fois qu'on en approcherait une clef, la jointure du doigt ou quelque autre conducteur.

« Philadelphie n'offrait alors aucun moyen de faire une pareille expérience; tandis que Franklin attendait impatiemment qu'on y élevât une pyramide, il lui vint dans l'idée qu'il pourrait avoir un accès bien plus prompt dans la région des nuages par le moyen d'un cerf-volant ordinaire que par une pyramide. Il en fit un en étendant sur deux bâtons croisés un morceau de soie, qui pouvait mieux résister à la pluie que du papier. Il garnit d'une pointe de fer le bâton qui était verticalement posé. La corde était de chanvre, comme à l'ordinaire, et Franklin en noua le bout à un cordon de soie qu'il tenait dans sa main. Il y avait une petite clef attachée à l'endroit où la corde de chanvre se terminait.

(1) Bertholon, *De l'électricité, des météores*, p. 54.

« Aux premières approches d'un orage, Franklin se rendit dans les prairies qui sont aux environs de Philadelphie. Il était avec son fils, à qui seul il avait fait part de son projet, parce qu'il craignait le ridicule qui, trop communément pour l'intérêt des sciences, accompagne les expériences qui ne réussissent pas. Il se mit sous un hangar, pour être à l'abri de la pluie. Son cerf-volant étant en l'air, un nuage orageux passa au-dessus ; mais aucun signe d'électricité ne se manifestait encore. Franklin commençait à désespérer du succès de sa tentative, quand tout à coup il observa que quelques brins de la corde de chanvre s'écartaient l'un de l'autre et se roidissaient. Il présenta aussitôt son doigt fermé à la clef, et il en retira une forte étincelle. Quel dut être alors le plaisir qu'il ressentit! De cette expérience dépendait le sort de sa théorie. Il savait que, s'il réussissait, son nom serait placé parmi les noms de ceux qui avaient agrandi le domaine des sciences ; mais que, s'il échouait, il serait inévitablement exposé au ridicule, ou, ce qui est encore pire, à la pitié qu'on a pour un homme qui, quoique bien intentionné, n'est qu'un faible et inepte fabricateur de projets.

« On peut donc aisément concevoir avec quelle anxiété il attendait le résultat de sa tentative. Le doute, le désespoir, avaient commencé à s'emparer de lui, quand le fait lui fut si bien démontré, que les plus incrédules n'auraient pu résister à l'évidence. Plusieurs étincelles suivirent la première. La bouteille de Leyde fut chargée, le choc reçu, et toutes les expériences qu'on a coutume de faire avec l'électricité furent renouvelées. »

D'après ce récit authentique, on voit que l'expérience de Franklin est loin de répondre à l'idée élevée qu'on a l'habitude d'en concevoir, sur la foi des innombrables éloges qu'elle a reçus jusqu'à nos jours. Quand on examine de près cette expérience, tant célébrée en prose et en vers, on s'aperçoit qu'elle donne lieu à bien des remarques; on voit surtout combien, dans la même circonstance, Romas, dont le nom a été à peine prononcé jusqu'à ce jour, fut supérieur au physicien de Philadelphie. Sans porter atteinte au génie de Franklin, il est permis de dire que, dans les préparatifs et

l'exécution de cette expérience, sa sagacité habituelle lui fit défaut; que, préparée sans les prévisions suffisantes, elle fut conduite avec négligence, et dut au hasard la cause de son succès. Franklin construit avec un mouchoir de soie étalé sur deux bâtons croisés, un cerf-volant, qui devait être lourd, difficile à enlever, et qui avait en outre le défaut d'être fait d'une matière qui ne conduit pas l'électricité. Une corde de chanvre est aussi, surtout quand elle est sèche, un assez mauvais conducteur du fluide électrique. Franklin ne se préoccupe pas de ces conditions défavorables, et si la pluie, qui survint fortuitement, n'eût rendu cette corde légèrement conductrice, l'expérience était manquée. Il laisse apparaître la même imprévoyance pour se mettre à l'abri des dangers auxquels pouvait l'exposer la présence, dans la corde du cerf-volant, d'une notable quantité d'électricité empruntée aux nuages. Ne s'étant pas muni d'un excitateur ou d'un instrument analogue, il s'exposait aux plus graves périls en tirant avec le doigt des étincelles de la clef suspendue à la corde du cerf-volant. En un mot, Franklin aurait infailliblement éprouvé un échec, si la pluie, qui n'entrait pas dans ses calculs, n'était arrivée pour faire réussir des dispositions très-vicieuses en fait.

Combien l'expérience de Franklin semble pâle quand on la compare à celle du physicien de Nérac ! Quelle différence dans les préparatifs, dans l'exécution, dans les résultats ! Romas prépare son expérience avec le soin, l'habileté, la prudence d'un physicien consommé. Il a compris d'avance les dangers qui vont l'assaillir, et il a pris les plus sages mesures pour préserver sa vie et celles des personnes qui l'environnent. Confiant dans les mesures qu'il a calculées, au lieu de se cacher pour éviter le ridicule d'un échec, il opère en présence de tous; il convie de nombreux assistants à venir admirer les merveilles qu'il a prédites. Ainsi, le talent dans la disposition de l'expérience, la sagacité qui préside

à son exécution, l'éclat admirable de ses résultats, tout est en faveur de notre compatriote, et, sous ce rapport, on peut le dire hardiment, l'expérience du physicien français est mille fois au-dessus de celle de Franklin.

Il nous reste à prouver que le magistrat de Nérac n'avait nullement, comme on l'a toujours dit jusqu'à ce jour, emprunté à Franklin l'idée du cerf-volant électrique. Cette opinion, profondément inexacte, qui fait de Romas l'imitateur, le simple copiste de Franklin dans l'expérience du cerf-volant, a été introduite dans l'histoire par Priestley, le partisan enthousiaste de Franklin, le défenseur, toujours partial, des travaux des physiciens qui appartiennent, de près ou de loin, à l'Angleterre. Les assertions contenues dans l'*Histoire de l'électricité* de Priestley ont été reproduites, sans contrôle et sans critique, par tous les auteurs qui ont tracé, avec plus ou moins de soin, l'historique de l'électricité. Ainsi s'est établie et s'est propagée l'erreur que nous combattons.

On admet généralement aujourd'hui, et l'on répète uniformément dans tous les ouvrages de physique et de météorologie, que, tandis que Dalibard expérimentait en France, Franklin, ignorant complétement ce qui venait de se passer en Europe, et fatigué d'attendre la construction de son clocher, imagina spontanément l'expérience du cerf-volant électrique. On fixe au 22 juin 1752 la date de son expérience du cerf-volant. On ajoute, sans autre explication, que la même expérience fut répétée en France en 1753 par Romas, que l'on représente ainsi comme le simple imitateur de Franklin.

Écoutons, par exemple, M. Becquerel, le physicien le plus en crédit, sur la matière qui nous occupe. Dans son *Traité expérimental de l'électricité et du magnétisme*, M. Becquerel, après avoir rappelé l'expérience de Dalibard à Marly-la-Ville, s'exprime ainsi :

« Franklin ignorait qu'on eût fait cette expérience en France; il attendait, pour la tenter, qu'un clocher qu'on élevait à Philadelphie fût terminé, afin d'y placer à une hauteur convenable la barre isolée qu'il se proposait d'employer; mais il lui vint dans l'idée qu'un cerf-volant, qui dépasserait les édifices les plus élevés, remplirait bien mieux son but. En conséquence, il attacha, en juin 1752, les quatre coins d'un grand mouchoir de soie aux extrémités de deux baguettes de sapin placées en croix, auquel il ajusta les accessoires convenables, et en outre une pointe de métal. A l'approche d'un orage, il se rendit dans un champ, accompagné de son fils. Ayant lancé le cerf-volant, il attacha une clef à l'extrémité de la ficelle, puis un cordon de soie qu'il assujettit à un poteau, afin d'isoler l'appareil. Le premier signe d'électricité qu'il remarqua fut la divergence des filaments de chanvre qui avaient échappé à la torsion. Un nuage épais ayant passé au-dessus du cerf-volant, il tomba un peu de pluie, qui rendit la corde humide et donna écoulement à l'électricité. Ayant présenté le dos de la main à la clef, il en tira des étincelles brillantes et aiguës avec lesquelles il enflamma l'alcool et chargea des bouteilles de Leyde. C'est ainsi qu'une découverte importante, que Franklin appelait modestement une hypothèse, fut mise au nombre des vérités scientifiques...

« Dalibard et Franklin ne furent pas les seuls qui cherchèrent à soutirer la foudre des nuages. En France, le 26 mars 1756, Romas obtint des résultats étonnants. Il avait construit un cerf-volant de sept pieds de haut, sur trois de large, qui fut élevé à la hauteur de cinq cent cinquante pieds avec une corde dans laquelle il avait entrelacé un fil de métal. Il s'établit entre la corde et la terre un courant d'électricité qui parut avoir trois ou quatre pouces de diamètre et dix pieds de long; ce phénomène se passait pendant le jour; M. de Romas ne douta pas que s'il eût eu lieu pendant la nuit, l'atmosphère électrique aurait eu quatre ou cinq pieds de diamètre. On sentit en même temps une odeur de soufre fort approchante de celle des écoulements électriques qui sortent d'une barre de métal électrisée. On découvrit un trou dans la terre, à l'endroit où la décharge avait eu lieu, d'un pouce de diamètre et d'un demi-pouce de largeur (1). »

(1) *Traité expérimental de l'électricité et du magnétisme*, en 9 vol. in-8, 1834, t. I, p. 42-43.

Ainsi, M. Becquerel, qui commet d'ailleurs une erreur matérielle en fixant à l'année 1756 l'expérience de Romas, qui eut lieu en 1753, nous représente le physicien de Nérac comme ayant simplement reproduit et perfectionné l'expérience de Franklin.

On est allé plus loin encore dans cette appréciation inexacte de ce point important de l'histoire de l'électricité. Dans sa notice sur Franklin, imprimée dans la *Biographie universelle de Michaud*, M. Biot va jusqu'à supprimer tous les travaux des physiciens français sur l'électricité atmosphérique. Il passe sous silence les expériences de Dalibard, de Delor, de Buffon, de l'abbé Mazéas, etc., pour faire honneur au seul Franklin de toutes les découvertes sur l'électricité.

« Franklin, nous dit M. Biot, reconnut aussi le pouvoir que possèdent les pointes de déterminer lentement et à distance l'écoulement de l'électricité; *et tout de suite, comme son génie le portait aux applications*, il conçut le projet de faire descendre sur la terre l'électricité des nuages, si toutefois les éclairs et la foudre étaient des effets de l'électricité.

« Un simple jeu d'enfant lui servit à résoudre ce hardi problème. Il éleva un cerf-volant par un temps d'orage, suspendit une clef au bas de la corde, et essaya d'en tirer des étincelles. D'abord, ses tentatives furent inutiles; enfin, une petite pluie étant survenue, mouilla la corde, lui donna ainsi un faible degré de conductibilité, et, à la grande joie de Franklin, le phénomène eut lieu comme il l'avait espéré. Si la corde avait été plus humide ou le nuage plus intense, il aurait été tué, et sa découverte périssait probablement avec lui. »

Ce récit contient beaucoup d'inexactitudes. Franklin ne demanda pas *tout de suite* à l'expérience, comme le dit M. Biot, la confirmation de ses conjectures sur l'origine électrique de la foudre. Après avoir exposé cette idée théorique, il laissa à d'autres le soin de la vérifier expérimentalement. Après avoir mis en avant cette pensée, il demeura pendant près de trois années indifférent, inactif, laissant

aux physiciens de l'Europe le soin d'expérimenter à sa place, ne daignant pas même applaudir leurs tentatives ou les encourager, et, plus tard, dans ses écrits, en parlant le moins possible. Ce n'est qu'après avoir reçu la nouvelle des belles expériences sur l'électricité atmosphérique faites par Dalibard à Marly, que Franklin se mit à l'œuvre, et qu'il entreprit l'expérience du cerf-volant, qu'il conduisit d'ailleurs assez maladroitement, comme nous l'avons déjà fait remarquer.

Les écrivains des deux hémisphères qui, depuis un siècle, répètent uniformément cette assertion, ont donc eu tort d'affirmer que l'idée du cerf-volant électrique se présenta à l'esprit de Franklin, avant qu'il eût reçu communication des expériences faites par Dalibard, en France, sur l'électrisation des barres isolées. Franklin a autorisé cette erreur en gardant toujours le silence sur cette question, ou en laissant parler ses partisans qui voulaient lui attribuer la gloire tout entière des découvertes relatives à l'électricité atmosphérique. Mais il n'en est pas moins certain qu'il ne procéda à ses expériences sur l'électricité des nuages, et à l'essai du cerf-volant, qu'après avoir reçu la nouvelle de la réussite de Dalibard à Marly. Tout nous porte à croire, en effet, que l'expérience du cerf-volant électrique par Franklin, n'eut pas lieu comme on l'admet généralement, en juin 1752, mais seulement dans le courant de septembre. La lettre par laquelle Franklin annonce à Collinson les résultats de l'expérience du cerf-volant, est écrite de Philadelphie à la date du 19 octobre 1752, et Franklin y parle constamment de cette expérience comme si elle était toute récente (1).

(1) Cette lettre de Franklin fut lue aux membres de la Société royale de Londres dans les premiers jours de janvier 1753; le 15 du même mois, Watson la traduisit et la fit parvenir à l'abbé Nollet, qui s'empressa d'en donner communication à l'Académie des sciences de Paris. Nous avons

Nous avons établi que Romas avait eu dès l'année 1752 l'idée d'employer le cerf-volant pour soutirer l'électricité des nuages, et que, dans sa lettre du 12 juillet 1752, il communiqua son projet à l'Académie de Bordeaux en des termes un peu détournés, mais qui se rapportaient manifestement à cet objet; — que le 9 juillet 1752, il faisait confidence de ce projet, sans périphrase et sans restriction, à son ami M. Dutilh, — et que, le 19 août de la même année, expérimentant au château de Clairac devant le chevalier de Vivens et le baron de Secondat, il renouvela cette confidence au chevalier de Vivens, et à M. Bégué, curé du village d'Asquets. On voit donc bien positivement que Romas n'avait emprunté à personne l'idée du cerf-volant électrique. C'est au mois de juillet 1752 qu'il en conçut le projet. S'il ne mit pas alors cette pensée à exécution, et s'il ne fit qu'au mois de juin 1753 l'admirable expérience dont nous avons rapporté les détails, et s'il fut, par conséquent, devancé par Franklin qui lançait son cerf-volant électrique en septembre 1752, c'est-à-dire huit mois auparavant, il n'en est pas moins certain, et c'est là le point historique que nous voulions établir, que Romas ne fut le copiste ni l'imitateur de personne, et qu'il *n'emprunta pas à Franklin* l'idée de cette expérience immortelle.

L'opinion que nous nous efforçons ici de combattre, et qui enlève à Romas le mérite, l'initiative de son expérience du cerf-volant, existait, il faut le dire, du temps même de ce physicien : elle fit le tourment de ses derniers jours, et il mourut sans avoir la satisfaction d'avoir obtenu justice. Il n'avait pourtant rien négligé pour atteindre un but si légitime.

Pour bien établir ses droits de priorité dans l'expérience du cerf-volant, Romas avait écrit en Amérique à Franklin

cité, au commencement de ce chapitre, le texte de cette lettre de Watson, d'après l'ouvrage de Bertholon, *l'Électricité des météores.*

lui-même, le 19 octobre 1753, en lui envoyant deux mémoires dans lesquels il exprimait très-nettement ses prétentions, et où l'expérience du cerf-volant électrique, racontée dans tous ses détails, était présentée comme lui appartenant en propre. A cette invitation directe de s'expliquer sur le sujet du débat Franklin se contenta de répondre, le 29 juillet 1754, par une lettre évasive, dans laquelle il ne fait aucune allusion, pour la repousser ni pour l'admettre, à la prétention de Romas concernant la première idée de l'emploi du cerf-volant. Voici cette lettre ou plutôt ce billet de Franklin :

« Monsieur, la très-obligeante lettre dont vous m'avez favo-« risé le 19 octobre, et vos deux excellents mémoires sur le « sujet de l'électricité, ne m'ont été rendus qu'hier par un « vaisseau qui est sur le point de partir pour Londres. Je ne « puis que vous en accuser la réception, et vous assurer que « la correspondance que vous m'offrez d'une manière si polie « me sera extrêmement agréable. Je suis obligé de différer « une plus particulière réponse à la plus prochaine commo-« dité. Je vous envoie en même temps un de mes nouveaux « mémoires sur la foudre, qui ne sera peut-être pas imprimé « avant de parvenir jusqu'à vous.

« Je suis respectueusement, Monsieur,
« Votre très-humble et très-reconnaissant serviteur,

« B. FRANKLIN. »

Mais la réponse promise n'arriva jamais, et Romas dut se contenter, en attendant mieux, de ces protestations de politesse banale.

« On dirait, dit à ce sujet M. Mergey, dans son *Étude sur les travaux de Romas*, que Franklin, auquel l'opinion publique, trop prévenue, attribuait si libéralement le double mérite d'avoir *conçu* et *réalisé* l'expérience qui démontre la présence de l'électricité dans les nuages orageux, ne persista dans son silence obstiné que pour entretenir une méprise, fort profitable

sans doute à sa réputation, mais très-nuisible à la réputation de ses émules scientifiques. Il semble envier à ces derniers, expérimentateurs plus actifs et plus habiles, l'honneur de l'avoir devancé et surpassé dans leurs hardies expériences ; il lui en coûte d'avouer qu'il a eu des collaborateurs dans cette grande découverte qui a immortalisé son nom ; aussi, pour éviter cet aveu, pénible à son amour-propre, fait-il de la diplomatie, et s'il ne ment pas pour le triomphe égoïste de sa cause, du moins il ne défend pas à ses amis de mentir quand il y trouve son profit (1). »

Ajoutons que ce ne fut pas seulement envers Romas que Franklin se montra injuste. Il ne traita pas avec plus de générosité Dalibard, dont il n'a pas prononcé une seule fois le nom dans sa volumineuse correspondance scientifique. Ainsi, pendant que l'Europe entière donne à la belle expérience de Dalibard le nom d'*expérience de Marly*, Franklin seul l'appelle l'*expérience de Philadelphie* (lettre du 18 octobre 1752), et quand il résume, dans une lettre adressée à Collinson (septembre 1753), l'ordre historique de ses recherches sur l'électricité atmosphérique, après la description de quelques expériences infructueuses sur l'électrisation de l'air par le frottement, il ajoute, sans faire la plus légère allusion à Dalibard : « En septembre 1752, j'élevai une « verge de fer pour tirer l'éclair dans ma maison, afin de « faire quelques expériences dessus, ayant disposé deux « timbres pour m'avertir quand la verge serait électrisée. « Cette pratique est familière à tout électricien. » Le nom de Dalibard, le premier auteur de cette expérience, n'est pas même prononcé.

Sans prétendre accuser Franklin d'avoir mis un calcul dans son silence, on doit pourtant faire remarquer que ce

(1) *Étude sur les travaux de Romas*, par M. Mergey, professeur de physique au lycée impérial de Bordeaux, imprimée dans le *Recueil des actes de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Bordeaux*. 1853, 2e trimestre, p. 492.

silence, avec lequel s'accordaient si bien les assertions de Priestley, donna le change à l'opinion publique, et accrédita l'erreur que nous essayons de dissiper.

Mais Romas porta sa réclamation devant l'Académie des sciences de Paris, qui lui rendit pleinement justice. En 1764, notre Académie des sciences fut appelée à prononcer entre Franklin et lui. Les commissaires nommés par l'Académie, Duhamel et l'abbé Nollet, ouvrirent une sorte d'enquête où furent appelées et entendues les personnes dont Romas invoquait le témoignage. Leurs souvenirs, et les preuves irrécusables qui furent promptement fournies, établirent, sans contestation possible, l'originalité des recherches du physicien de Nérac. C'est grâce à ces déclarations, et après un examen approfondi de la question, que Nollet et Duhamel arrivèrent, le 4 février 1764, à formuler comme il suit les conclusions de leur rapport :

« Ayant égard à toutes ces preuves, nous croyons que « M. de Romas n'a emprunté à personne l'idée d'appliquer « le cerf-volant aux expériences électriques, et qu'on doit le « regarder comme le premier auteur de cette invention, jus- « qu'à ce que M. Franklin ou quelque autre fasse connaître « par des preuves suffisantes qu'il y a pensé avant lui. »

Avec sa prudence ordinaire, Franklin se garda bien de réclamer contre cette décision de l'Académie des sciences de Paris ; il resta bouche close, comme s'il reconnaissait pour sa part l'équité de ce jugement. « Mais, dit M. Mergey, cette « résignation sournoise ne l'empêcha pas, trois ans après, « en 1767, de laisser son ami Priestley parler de Romas en « termes cavaliers. On peut alléguer, il est vrai, pour sa « justification, qu'il ignorait la déclaration des commissaires « de l'Académie, ce qui est très-possible, sans être aucune- « ment probable (1). »

(1) *Étude sur les travaux de Romas*, p. 491.

En 1768, le *Journal encyclopédique*, dans une analyse de l'ouvrage de Priestley qui venait de paraître à Londres, avait reproduit les assertions inexactes de l'écrivain anglais concernant Romas, et dit à propos de l'expérience du cerf-volant de Franklin : « M. de Romas, voulant s'assurer par lui-« même de ce qu'il entendait raconter à ce sujet, la répéta « en France, mais avec beaucoup plus d'appareil. » Pour rectifier cette injuste affirmation, Romas adressa au rédacteur du *Journal encyclopédique*, nommé Lutton, une longue lettre dans laquelle l'histoire de cette question se trouvait soigneusement exposée. Mais, par la mauvaise volonté du journaliste, cette lettre ne parut point dans le recueil auquel elle était adressée.

N'ayant pu obtenir justice de ce côté, Romas, après une attente de plusieurs années, se résolut à faire, d'une autre manière, appel à la publicité. Il travaillait depuis longtemps à un *Mémoire sur les moyens de se garantir de la foudre dans les maisons*. Il livra ce mémoire à l'impression et mit à la suite sa *Lettre à M. Lutton*, que le journaliste avait refusé d'accueillir, en l'accompagnant de pièces et certificats à l'appui des faits avancés. Mais toujours poursuivi par la desdinée, Romas ne devait point jouir de la satisfaction tardive qu'il espérait retirer de cette publication. Il mourut en 1776, pendant l'impression même de son ouvrage, à l'âge de 70 ans. Son livre, imprimé à Bordeaux, ne parut qu'après sa mort, et grâce au zèle pieux et aux soins de ses amis du château de Clairac (1).

L'intrépide physicien de Nerac est donc mort, attristé à ses derniers moments par la pensée de l'injustice dont ses

(1) *Mémoire sur les moyens de se garantir de la foudre dans les maisons; suivi d'une Lettre sur l'invention du cerf-volant électrique, avec les pièces justificatives de cette même lettre; par M. de Romas, lieutenant assesseur au présidial de Nérac, de l'Académie royale des sciences de Bordeaux, correspondant de celle de Paris.* 1 vol. in-12. A Bordeaux, chez Bergeret, et à Paris, chez Pissot, 1776.

contemporains le rendaient victime; mais il léguait à la postérité les pièces du procès. Grâce à elles, l'impartialité de la critique peut rendre, un siècle après lui, toute justice à sa mémoire. Ce n'est que par une suite de malentendus, volontaires ou non, que l'on a attribué à Franklin la part du lion dans les expériences sur l'électricité atmosphérique, et accordé à son seul génie la gloire d'avoir tout fait dans ce champ de découvertes destinées à vivre d'un éternel souvenir. Nous avons rendu au physicien de Philadelphie tous les hommages qui lui reviennent pour sa découverte incontestable de l'analyse de la bouteille de Leyde, et pour celle du pouvoir des pointes. Mais nous avons dû apporter des restrictions à ce qui concerne ses recherches sur l'électricité atmosphérique. Il importe d'autant plus de fixer rigoureusement ce point d'histoire, que pour ajouter à la part scientifique du physicien de Philadelphie, il faudrait dépouiller des savants de notre patrie, les Buffon, les Dalibard, les Lemonnier, les Romas, etc., de l'honneur qui leur revient dans les grandes découvertes que nous essayons de raconter.

CHAPITRE VII

Suite des recherches sur l'électricité atmosphérique. — Expériences faites en Europe. — Beccaria. — Mussenbroek, etc. — Expériences de Franklin sur la nature de l'électricité des nuages. — Construction du paratonnerre.

Les résultats obtenus avec le cerf-volant électrique offraient un vaste champ aux expériences des physiciens : la carrière ainsi ouverte fut promptement remplie.

Parmi les savants qui s'occupèrent en Europe d'étudier l'électricité atmosphérique à l'aide du cerf-volant, le père

Beccaria, religieux des écoles pies de Turin, se distingua par le nombre et la variété de ses recherches. Dans un ouvrage publié en 1767, intitulé *Lettere dell' elettricismo*, on trouve résumés les nombreux travaux de ce physicien.

Beccaria fit un grand nombre d'observations sur l'électricité de l'atmosphère dans les temps d'orage, et lorsque le ciel était serein, soit avec des barres de fer isolées, soit avec des cerfs-volants. En variant ces expériences de différentes manières, il fit plusieurs observations intéressantes. Les cordes de ses cerfs-volants étaient quelquefois garnies et d'autres fois dépourvues de fil de fer. Afin que ces cerfs-volants fussent constamment isolés, lorsqu'il leur donnait plus ou moins de corde, il roulait celle-ci, comme l'avait fait Romas, sur un dévidoir supporté par des pieds de verre (1).

Mussenbroek, en Hollande, étudia aussi l'électricité aérienne au moyen du cerf-volant. Il observa que les étincelles électriques étaient très-faibles, lorsque l'appareil était près de la terre, et d'autant plus fortes que l'appareil est plus élevé dans les airs.

Le 16 septembre 1756, Mussenbroek se trouvant à Warmond, village près de Leyde, attacha aux deux extrémités d'un fil de fer de cent cinquante pieds de longueur, deux rubans de soie, et il disposa ce fil à la hauteur de quatre pieds et demi, parallèlement à l'horizon. Il ne découvrit ainsi aucun signe d'électricité. Il plaça ensuite le même fil de fer, toujours isolé par ses deux rubans, verticalement le long à la hauteur d'une tour. Ce conducteur métallique ne donna encore aucun signe d'électricité. On en obtint, au contraire, par le moyen d'un cerf-volant qui fut porté très-haut dans l'air; ce qui prouvait qu'il existait du fluide électrique libre dans les régions élevées de l'air, tandis que la partie de l'atmosphère située plus près du sol n'en renfermait point.

(1) *Lettere dell' elettricismo*, p. 112.

Quand le cerf-volant fut à sept cents pieds de hauteur environ, on tira d'une clef qu'on avait attachée à l'extrémité inférieure du fil de fer qui le retenait, des étincelles très-fortes, qui excitaient une commotion dans toute la longueur du bras. En approchant la main du fil de fer, on éprouvait comme la sensation d'une toile d'araignée.

Le 14 juillet 1757, sur les six heures du soir, Mussenbroek fit dans les faubourgs de Noordwick, avec le baron Vander Does, les mêmes observations. Le cerf-volant était attaché, non à une corde, mais à un fil de fer très-mince, qui se roulait, à l'aide d'une manivelle, sur un tambour de bois, de sorte qu'on pouvait l'allonger à volonté. L'extrémité inférieure de ce fil de fer était attachée à un ruban de soie. Ces savants se trouvaient sur le bord de la mer lorsqu'ils élevèrent leur cerf-volant; le ciel était un peu nébuleux, et le vent d'est soufflait légèrement. Aucun signe d'électricité n'apparut tant que l'appareil fut peu éloigné de la terre. Quand il se fut élevé à cent pieds, on commença à apercevoir une faible électricité et à tirer de petites étincelles. Nos expérimentateurs résolurent alors de se transporter au sommet des plus hautes montagnes sablonneuses de Noordwick. Arrivés là, ils lancèrent de nouveau le cerf-volant, qui se chargea d'une grande quantité de matière électrique, de sorte qu'en très-peu de temps on tira avec une clef, d'un tube de fer communiquant à la chaîne attachée au cordon de soie tenu à la main, de très-fortes étincelles qui partaient avec bruit, et qui répandaient autour d'elles une odeur sulfureuse (1).

« Le 20 juillet 1757, dit encore Mussenbroek, un violent orage s'étant élevé sur les sept heures du soir, je lançai en l'air un cerf-volant; le fil de fer donna alors des explosions très-promptes et très-fortes; quelquefois elles partirent avec l'éclair, mais elles cessaient lorsque le tonnerre grondait; ces étincelles

(1) *Cours de physique expérimentale et mathématique*, par Pierre Van Mussenbroek, traduit par Sigaud de la Fond, t. I, p. 396, § 913.

se succédaient avec une très-grande rapidité, et produisaient des éclats qui pouvaient être entendus de très-loin. Ayant approché de la tête d'un chien, d'un bouc, d'un jeune taureau le fil de fer, ces animaux furent frappés si violemment, qu'ils prirent aussitôt la fuite, et qu'ils ne voulurent jamais souffrir qu'on les exposât à la même tentative. Nous fîmes une chaîne, en nous donnant la main ; un de ceux qui faisaient partie de la chaîne, ayant touché au fil de fer, nous fûmes tous aussitôt frappés (1). »

Il est inutile d'ajouter que l'on n'obtenait pas toujours des signes d'électricité, bien que le cerf-volant fût élevé jusqu'à six cents pieds. C'est ce qu'éprouva Mussenbroek, au mois d'août 1757, même par un vent d'aquilon qui était modéré, et avec un ciel couvert de nuages.

Le prince de Gallitzin, secondé par le physicien Dentan, continua, à la Haye, les expériences de Mussenbroek au moyen du cerf-volant. Exécutées depuis l'année 1775 jusqu'à l'année 1778, elles furent communiquées par le prince de Gallitzin à l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg (2). Dans ces expériences, on obtint constamment de l'électricité à l'aide du cerf-volant ; on parvint souvent à charger des batteries de bouteilles de Leyde avec l'électricité des nuages. Quant à la nature, positive ou négative, de l'électricité, on constata qu'elle variait sans cesse. Il sembla néanmoins que l'électricité se montrait positive dans les temps calmes et négative au commencement des orages.

A Amsterdam, Van Swinden, professeur de physique, tira des étincelles électriques de son cerf-volant, non-seulement en temps d'orage, mais par un temps serein.

En France, l'abbé Bertholon, professeur de physique dans le Languedoc, fit plusieurs expériences du même genre. En

(1) *Cours de physique expérimentale et mathématique*, par Pierre Van Mussenbroeck, traduit par Sigaud de la Fond, t. I, p. 400, § 914.

(2) *Observations sur l'électricité naturelle par le moyen d'un cerf-volant.* Lettre de 6 pages in-4.

1776, il présenta à l'Académie des sciences de Paris un mémoire contenant le récit des expériences qu'il avait faites, de concert avec Baumé, Fontana et plusieurs autres membres de l'Académie, en faisant usage du cerf-volant électrique construit par le duc de Chaulnes, grand amateur d'électricité.

En Amérique, Kinnersley, le collaborateur de Franklin, éleva aussi des cerfs-volants électriques; mais ses expériences furent exécutées avec bien moins de soin que celles de Beccaria et de Mussenbroek (1).

Quant à Franklin, il ne se livra à aucune recherche sur l'électricité de l'air avec les cerfs-volants électriques, et l'on ne voit pas qu'après sa célèbre expérience, il ait, à l'exemple des autres physiciens, poursuivi cette carrière d'études intéressantes. Pour constater la nature de l'électricité qui existe habituellement dans l'atmosphère, il se contenta, après son essai sur le cerf-volant, raconté plus haut, d'élever sur sa maison une barre de fer pointue qu'il isolait à volonté, et qu'il avait munie d'un carillon électrique afin d'être averti de la présence de l'électricité dans ce conducteur.

Franklin se proposait, comme tous les expérimentateurs de l'Europe, de reconnaître si l'électricité des nuages était positive ou négative, et si l'un de ces états était constant. Cette détermination avait pour lui un intérêt particulier, parce que, d'après sa théorie générale sur l'électrisation *en plus ou en moins*, dont nous avons déjà parlé, et qu'il opposait à la théorie de Dufay, si l'électricité des nuages orageux avait été négative, il aurait fallu en conclure que la foudre s'élançait de la terre vers les nuages et non du ciel sur la terre, c'est-à-dire que la foudre était toujours *ascendante*, au lieu d'être *descendante* ou *ascendante*, selon le cas.

(1) *Deuxième lettre de M. Kinnersley à M. Benjamin Franklin.* — *Œuvres de Franklin, traduites par Barbeu-Dubourg*, t. I, p. 205, in-4.

Pour résoudre la question de la nature de l'électricité des nuages, Franklin prit deux bouteilles de Leyde; il en chargea une avec une machine électrique donnant de l'électricité positive, de telle sorte que, sur la surface extérieure de la bouteille il existait, suivant l'effet bien connu qui se passe dans cet appareil, de l'électricité positive. A l'aide d'un conducteur, il fit ensuite communiquer la seconde bouteille de Leyde avec la barre de fer pointue qui se trouvait élevée sur le faîte de sa maison, de telle sorte que cette bouteille se chargeait spontanément de l'électricité dérobée aux nuages. Il plaça ensuite entre les deux bouteilles, et à trois ou quatre pouces de distance, une petite balle de liége suspendue par un fil de soie. Si l'électricité envoyée par les nuages était positive comme celle qui avait servi à charger l'une des deux bouteilles, la petite balle de liége devait être successivement attirée par la garniture extérieure de l'une des deux bouteilles et repoussée par l'autre. Si les électricités étaient différentes dans les deux bouteilles, la balle de liége devait être attirée successivement par chacune des bouteilles, et voyager ainsi continuellement de l'une à l'autre.

Cette expérience, et quelques autres que Franklin essaya dans la même vue, ne donnèrent jamais des résultats constants. L'électricité des nuages était tantôt positive, tantôt négative, et même négative le plus souvent, ce qui n'était pas conforme à sa théorie.

Franklin ne poursuivit pas longtemps ces tentatives sur l'électricité météorique, sujet obscur, d'une complication extrême, et qui n'est encore aujourd'hui qu'imparfaitement élucidé. La tournure positive de son esprit ne lui permettait pas de continuer des recherches dont il n'entrevoyait pas de conséquence utile. Aussi, renonçant à cette question, il donna aussitôt tous ses soins à réaliser, pour la pratique, l'idée du paratonnerre, qui, mise en avant en 1752 à titre de

simple hypothèse, était devenue l'origine et le point de départ de toutes les découvertes des physiciens sur l'électricité météorique.

C'est en 1760 que Franklin fit construire le premier paratonnerre; cet instrument ne différait que fort peu de celui que nous employons aujourd'hui.

Le premier paratonnerre fut élevé par Franklin sur la maison d'un marchand de Philadelphie, nommé West. Il se composait d'une baguette de fer de neuf pieds et demi de long et de plus d'un demi-pouce de diamètre, et qui allait en s'amincissant vers sa partie supérieure. De l'extrémité inférieure de cette tige métallique partait une seconde tige de fer plus mince de dix pouces de long et d'une épaisseur d'un quart de pouce, dont la partie inférieure était mise en rapport avec un long conducteur de fer descendant jusqu'au sol, où il pénétrait à une profondeur de quatre ou cinq pieds.

C'est une circonstance bien remarquable, qu'à peine installé, comme pour prouver la valeur de cet instrument, le paratonnerre fut atteint par le feu du ciel. Après le coup de foudre, M. West trouva fondue la pointe du paratonnerre; la tige de dix pouces qui le joignait au conducteur était réduite à sept pouces et demi de longueur.

A partir de ce moment, l'admirable invention du physicien d'Amérique était accomplie: le paratonnerre était créé. Il nous reste à dire comment cette découverte fut acceptée en Europe.

CHAPITRE VIII

Accueil fait en Europe à l'invention du paratonnerre. — George III et Franklin : les paratonnerres en boule. Opposition de l'abbé Nollet en France. — Livre de l'abbé Poncelet. — Répugnance des Français à adopter le paratonnerre. — Affaire de Saint-Omer : M. de Vissery. — Robespierre. — Le paratonnerre à Genève. — Adoption définitive du paratonnerre en France, en Angleterre et dans le reste de l'Europe.

Un accueil assez singulier attendait en Europe l'invention du paratonnerre. L'admiration qu'elle y excita chez quelques esprits éclairés ne fut pas sans un mélange de résistances sérieuses, surtout à l'époque de son premier établissement. L'Angleterre et la France se signalèrent par une opposition marquée à la découverte du philosophe américain ; mais les causes de cette opposition ne furent pas les mêmes chez les deux nations. En Angleterre, c'est une cause politique qui éleva des obstacles à la propagation des paratonnerres ; en France, les motifs furent purement scientifiques.

A l'époque où l'établissement du paratonnerre fut proposé comme conséquence et application pratique des travaux de Franklin, une guerre acharnée existait entre l'Angleterre et ses colonies d'Amérique qui combattaient avec gloire pour conquérir leur indépendance et briser le joug de la tyrannie britannique. Le roi d'Angleterre, George III, avait inutilement épuisé toutes les forces de ses États, et fait couler des torrents de sang, pour retenir un pouvoir qui échappait à ses impuissantes mains. Ni les trésors du royaume prodigués pendant une longue suite d'années, ni des milliers de marins et de soldats sacrifiés à la défense d'une cause injuste, ne purent faire obstacle à l'accomplissement d'un acte arrêté dans les desseins de la Providence, et empêcher

un peuple nouveau et plein de loyales ardeurs de conquérir sa liberté sur les champs de bataille. Quand tout espoir de réussite fut perdu à la cour d'Angleterre, et qu'il fallut se résoudre enfin à voir une nation s'élever, puissante et libre, loin des entraves de la métropole européenne, l'esprit haineux et vindicatif de George III passa des champs de bataille et des conseils diplomatiques dans le domaine des sciences, asile si étranger, par sa nature, aux contestations entre les peuples et les rois. Pendant la longue et mémorable lutte soutenue par les colonies insurgées, Franklin avait été l'agent utile, le représentant fidèle, le conseiller, toujours bien inspiré, du peuple américain ; il était impossible qu'une découverte scientifique due à un adversaire politique de l'Angleterre fût accueillie favorablement chez cette dernière nation.

Il était pourtant difficile, à moins de nier l'évidence, de contester l'utilité des paratonnerres pour défendre la vie des hommes, et préserver les édifices menacés par le feu du ciel. Ne pouvant s'en prendre au fond même de la matière, on s'attaqua à la forme. Selon Franklin, les paratonnerres devaient être terminés en pointe, et en une pointe très-aiguë. Sous l'inspiration de la cour d'Angleterre, Wilson, et avec lui, la plupart des savants de ce pays, décidèrent que Franklin avait tort, que les paratonnerres à tige pointue étaient les plus dangereux des appareils, et qu'au lieu de les terminer en pointe, il fallait les munir à leur extrémité d'une boule ou d'un globe. Les paratonnerres en boule furent donc déclarés les seuls efficaces, et les recueils scientifiques anglais s'enrichirent de plusieurs mémoires où ce point était compendieusement établi. Afin que personne n'en ignorât, le roi George avait même fait élever sur son propre palais plusieurs paratonnerres en boule, et l'amour-propre national se trouva ainsi comme engagé à soutenir une thèse scientifique placée sous l'égide du roi.

La discussion entre les physiciens anglais et ceux du reste de l'Europe, au sujet des paratonnerres en boule, se prolongea longtemps. Il fallut, pour la terminer, que le célèbre physicien piémontais Beccaria fît sur ce point des expériences spéciales. Élevant, à peu de distance l'un de l'autre, deux paratonnerres, l'un en pointe et l'autre en boule, munis chacun de leur conducteur, Beccaria démontra que, sous l'influence de la même électricité aérienne, le conducteur du paratonnerre à tige pointue donnait des étincelles quand on pratiquait, d'une manière convenable, une légère solution dans sa continuité; tandis que, disposé de la même manière, le paratonnerre en boule ne donnait que de très-faibles manifestations électriques.

A partir de ce moment, il ne fut plus question des paratonnerres en boule. Ainsi se termina ce singulier procès, dans lequel le roi George III avait pris, en haine de Franklin, une part active, et où les savants anglais avaient plaidé avec une ardeur digne d'une meilleure cause. Le souvenir de cette dispute ridicule et des productions scientifiques auxquelles elle a donné lieu mérite d'être conservé, afin de rappeler tout ce que perd la science en considération et en honneur, quand elle s'abaisse à flatter les mesquines passions ou les rancunes des princes.

L'opposition, toute scientifique, que le paratonnerre trouva en France, partit de l'abbé Nollet. Ce physicien étant alors à Paris l'oracle de l'électricité, on dut accorder une grande attention à ses critiques, qui n'avaient pourtant d'autre mobile qu'une vanité d'auteur.

L'abbé Nollet fut pendant toute sa carrière le rival déclaré de Franklin, et ce n'est pas sans motifs qu'il avait pris cette attitude. S'étant occupé dans presque tout le cours de sa vie à faire des expériences sur les phénomènes électriques, ou à répéter celles des autres physiciens, l'abbé Nollet n'avait

réussi à attacher son nom à aucune découverte importante. Pourtant seulement, il avait conçu et exposé une théorie générale de l'électricité, qu'il croyait destinée à remplacer celle de Dufay : c'est la théorie des *affluences et effluences simultanées*, que l'on trouve invoquée à chaque instant dans ses nombreux écrits, et par laquelle il prétendait expliquer l'ensemble des phénomènes électriques plus simplement que par la théorie des deux fluides imaginée par Dufay. Fille des systèmes cartésiens, issue des mêmes principes qui avaient donné à l'ancienne physique, la *matière subtile*, les *petits corps*, les *atomes* et les *pores invisibles*, cette théorie n'était qu'une tardive évocation du passé. Imaginée avant la découverte des phénomènes les plus importants de l'électricité, elle devait tomber en ruine en présence des faits nouveaux dont la science ne tarda pas à s'enrichir (1).

Tandis que l'abbé Nollet avait consumé toute sa carrière sans avoir produit une seule de ces découvertes qui perpétuent le nom d'un savant, Franklin, qui n'avait accordé à la physique que quelques années dérobées à l'activité des affaires, avait su s'attirer une réputation immense. Il avait donné l'analyse des effets de la bouteille de Leyde, que per-

(1) Voici un exposé, en raccourci, de la théorie des *affluences et effluences simultanées* qui fut proposée par l'abbé Nollet, pour expliquer tous les phénomènes électriques. Nous prendrons comme exemple le fait simple de l'attraction et de la répulsion successive d'un corps approché d'un autre corps électrisé.

Pour rendre raison de ce phénomène, Nollet admet deux courants de matière électrique, qui vont en sens contraire : l'un tend vers le corps électrisé et s'insinue dans ses pores, tandis que l'autre s'élance du sein de ce même corps. Le premier courant, qu'il désigne sous le nom de matière *affluente*, entraîne avec lui les substances légères qu'il rencontre et les amène au corps électrisé; de là naissent les attractions. Le second courant, qui se nomme matière *effluente*, repousse ces mêmes substances, en sortant du corps électrisé et occasionne par là les répulsions. Ces deux courants de matière, en se rencontrant, produisent par le choc mutuel de leurs rayons, les étincelles électriques.

Cette théorie surannée a été défendue par Nollet jusqu'à la fin de sa vie.

sonne en Europe n'avait su expliquer avant lui, et provoqué par la publication de ses *Lettres*, la découverte de l'électricité atmosphérique. Il avait, en même temps, émis une théorie générale pour l'explication des phénomènes électriques, théorie d'une simplicité séduisante, et qui était le contre-pied de celle de l'abbé Nollet. Par toutes ces causes, et par un sentiment qu'explique la faiblesse humaine, notre physicien devait donc éprouver peu de sympathie pour la personne et pour les idées de l'électricien du Nouveau Monde.

En exposant ici les motifs qui nous semblent devoir rendre compte de l'hostilité, sans cela inexplicable, de l'abbé Nollet contre son rival d'Amérique, nous ne voudrions pas paraître injuste envers un savant, honorable à beaucoup d'égards, et qui a rendu à la science de l'électricité d'éminents services par sa constante ardeur à la propager. L'honnête professeur du collége de Navarre est digne de la sympathie et des respects de la postérité, comme il mérita, de son vivant, l'estime et la considération publiques.

Né à Pimprèz, village des environs de Noyon, Antoine Nollet était le fils de pauvres paysans, qui subvenaient par le travail de leurs mains aux besoins de la famille. Il avait manifesté de bonne heure d'heureuses dispositions pour l'étude, et sa mère envisageait avec peine l'idée de le voir traîner, comme elle, une existence pénible dans les durs travaux de la campagne. Elle aspirait au bonheur de voir son fils embrasser une carrière libérale, et s'élever dans les voies de la religion ou dans celles de la science. Un soir, le curé de Pimprèz fut appelé au conseil de la famille, et dès lors le départ du jeune Antoine fut résolu. Les bons paysans s'imposèrent les sacrifices nécessaires pour entretenir leur fils, dans leur province, au collége de Clermont, et plus tard à celui de Beauvais. Là, les dispositions naturelles du jeune homme se montrèrent dans tout leur jour,

et souvent le directeur de la maison de Beauvais félicitait les pauvres laboureurs de Pimprèz des grandes qualités qu'il remarquait dans leur fils, et de la détermination qu'ils n'avaient pas craint d'adopter à son égard. Au sortir des études classiques, le jeune Nollet fut envoyé à Paris; c'était là un grand effort pour de pauvres paysans qui, tout en se condamnant aux privations les plus dures pour maintenir leur fils dans la capitale, étaient loin encore de pouvoir suffire à une telle charge. Mais on comptait sur la Providence qui vient en aide aux cœurs dévoués. Elle ne fit pas défaut à tant de confiance. Un greffier de l'hôtel de ville, nommé Taitbout, frappé de la régularité de mœurs et des connaissances variées du jeune Nollet, le prit pour précepteur de ses enfants. Dès lors tous ses désirs se trouvèrent satisfaits; il put, grâce aux fruits de son travail, adoucir, pour ses vieux parents, les rigueurs de la vie, et reconnaître les sacrifices qu'ils s'étaient imposés pour lui. En même temps, dans l'intervalle que lui laissaient les soins de l'éducation des fils du greffier, il continuait ses propres études, et suivait, comme élève de philosophie, les leçons de la Faculté des arts. Son goût pour la physique et la mécanique se développa alors plus librement.

A cette époque de sa vie, Nollet prit la résolution d'entrer dans les ordres. La simplicité de ses goûts, la sévérité de ses principes, son application au travail, parurent à ses protecteurs comme une marque de vocation pour l'état ecclésiastique. Nollet aborda donc une carrière qu'il devait abandonner bientôt. Il s'appliqua aux études sacrées, dans la Faculté de théologie, qu'il fréquentait en même temps que celle des arts. Il reçut le diaconat en 1728; mais il ne devait pas aller jusqu'à l'ordination. En même temps qu'il recevait de l'Eglise le titre de diacre, il obtenait, de la Faculté des arts, celui de licencié, et c'est dans la carrière des sciences qu'une vocation et un goût de plus en plus dé-

cidé le tinrent fixé jusqu'à la fin de sa vie. Il conserva toujours le titre et le costume d'abbé, mais il n'exerça aucune fonction du sacerdoce.

A partir de ce moment, Nollet, entièrement voué à la culture des sciences, et promptement distingué par les physiciens de la capitale, s'attacha successivement à Réaumur et à Dufay. Avec Réaumur, il travailla aux études thermométriques qui ont immortalisé le nom de ce physicien; il s'adonna, avec Dufay, aux expériences sur l'électricité, sujet alors tout nouveau, et qui, fixant définitivemont ses goûts, l'occupa jusqu'à la fin de ses jours.

Sans entrer ici dans d'autres détails sur la carrière scientifique de Nollet, nous dirons qu'il ouvrit le premier en France des cours publics de physique. Secondé par l'Université de Paris, qui commençait à comprendre l'intérêt que devaient trouver le public et la génération nouvelle à la diffusion des sciences, il obtint de Louis XV l'autorisation d'organiser un cours de physique expérimentale, dont la chaire lui fut accordée. Ce cours public de physique, le premier qui ait eu lieu dans la capitale, fut inauguré, en 1735, au collége de Navarre. Le programme des leçons de l'abbé Nollet, qui fut bientôt publié par lui, servit de modèle à divers enseignements analogues qui furent établis ensuite dans les principales villes de la France.

L'affluence était si grande au cours de l'abbé Nollet, que, dès les premières leçons, l'évêque de Laon, supérieur du collége de Navarre, dut demander au roi l'autorisation de faire préparer un local nouveau, pour suffire au nombre toujours croissant des auditeurs. Bientôt un magnifique amphithéâtre fut construit; on y ménagea une tribune pour le roi, les princes et les personnages de distinction, attirés à ce cours par la renommée du professeur (1).

(1) « Le 6 juillet 1754, plusieurs évêques étaient réunis au collége de Navarre. L'évêque de Laon voulut leur procurer le plaisir d'entendre la

En 1739, Nollet entra à l'Académie des sciences, comme membre adjoint. Buffon, que ses collègues jugeaient « digne « de s'asseoir dans l'Académie à toutes les places, » avait quitté celle de membre adjoint mécanicien pour celle d'adjoint botaniste. Nollet fut choisi pour lui succéder. Trois ans après, la mort de l'abbé de Molières laissa vacante une place d'associé, qui fut donnée à Nollet. Enfin, il remplaça plus tard, en qualité de pensionnaire, Réaumur, son maître et son ami.

Sur la renommée de ses leçons du collége de Navarre, Nollet fut appelé à la cour en 1744, pour y faire un cours de physique expérimentale en présence du dauphin, père de Louis XVI. Ce prince en fut tellement satisfait que, l'année suivante, il demanda à l'abbé Nollet un second cours, qui fut professé devant la dauphine, infante d'Espagne. Plusieurs années auparavant, Nollet avait été appelé dans le même but par le duc de Savoie. Il avait consacré six mois à répéter, à Turin, son cours de physique du collége de Navarre, en présence du roi de Sardaigne, qui, nous dit-il, « lui adressa les remercîments les plus flatteurs, « et fit placer à l'Université tous les instruments qu'il avait « emportés avec lui, afin que les professeurs pussent essayer « de s'en servir dans la suite comme il l'avait fait, et en- « seigner avec leur secours la physique par voie d'expé- « rience. »

leçon de physique expérimentale. On les conduisit à la grande tribune. L'abbé Nollet résuma ce qui avait été dit dans les deux leçons précédentes; il continua ensuite son explication et il fit des expériences. Les prélats témoignèrent beaucoup de satisfaction et donnèrent de justes applaudissements à un établissement qui fait honneur à la nation, et en particulier à l'Université de Paris. Ils parurent frappés de la beauté de l'amphithéâtre qu'on a construit pour cette école. Quelque grand que soit le nombre des auditeurs de l'abbé Nollet, ils peuvent y être tous commodément placés. Cet établissement est un nouveau bienfait qu'il a plu à Sa Majesté d'accorder à son collége de Navarre. » (*Journal historique sur les matières du temps*, août 1754, p. 154.)

Le bon Nollet conserva dans la cour des souverains les mêmes qualités de droiture, de douceur et de sérénité qui lui avaient concilié tous les cœurs dans le cercle de ses relations ordinaires. Il savait pourtant maintenir dans l'occasion les prérogatives et la dignité des sciences. Le dauphin l'avait engagé à faire sa cour à un homme en place, dont la protection pouvait lui être utile. Nollet fait une visite au grand seigneur et lui présente ses œuvres imprimées. Mais ce protecteur l'accueille très-froidement, et en recevant les livres du physicien :

« Je ne lis jamais, lui dit-il, ces sortes d'ouvrages. »

Nollet releva la tête :

« Permettez-moi, monsieur, dit-il, de laisser ces livres dans votre antichambre. Il s'y trouvera peut-être des gens d'esprit qui, en attendant l'honneur de vous parler, les liront avec profit. »

Nous sommes entré dans ces détails au sujet de l'abbé Nollet, pour faire comprendre quelle légitime autorité il exerçait en France, et de quel poids devait être son opinion auprès des savants. Le public français fut naturellement porté à juger avec défaveur les travaux de Franklin en présence de l'opposition qui leur était faite par Nollet, que l'on s'était accoutumé depuis vingt ans, à regarder, pour employer une expression devenue vulgaire, comme le prince de l'électricité. Mais ici, l'abbé Nollet était fâcheusement égaré par ses préventions contre un rival, qui n'avait eu que le tort de réussir là où tant d'autres avaient échoué.

Lorsque parut la traduction des *Lettres* de Franklin, qui contenaient l'exposé des découvertes du physicien de Philadelphie et sa théorie du fluide unique, Nollet se refusa d'abord à croire qu'une telle production arrivât d'Amérique. Il prétendait que cette théorie avait été fabriquée à Paris même, par ses ennemis, pour être opposée à son système. Ayant ensuite acquis la certitude qu'il existait bien réelle-

ment à Philadelphie une personne du nom de Franklin et que les expériences décrites n'avaient pas été imaginées à plaisir, il se mit en devoir de les réfuter.

C'est principalement dans ses *Lettres sur l'électricité* que Nollet a attaqué les idées de son rival (1). C'est là qu'il nie formellement l'utilité du paratonnerre.

L'opposition de Nollet est d'autant plus difficile à expliquer, que le physicien, comme nous avons eu soin de le faire remarquer, avait, l'un des premiers en France, soupçonné l'origine électrique du tonnerre, et exposé cette analogie sous la forme d'une probabilité séduisante, dans un passage que nous avons rapporté en son lieu (2). Il est bien surprenant, d'après cela, que Nollet élève des objections contre un résultat qui confirme ses propres vues, qu'il n'ait que des paroles de blâme pour les principes du physicien de Philadelphie, et qu'au lieu d'applaudir à la découverte du paratonnerre, il appelle cette invention admirable « le petit écart de M. Franklin. »

La septième des *Lettres de l'abbé Nollet sur l'électricité*, adressée à Franklin, a pour sujet l'*analogie du tonnerre avec l'électricité*. Nous en citerons quelques passages qui feront bien connaître les sentiments de cet écrivain sur le sujet dont nous parlons.

Nollet entre en matière en rappelant doucereusement que Franklin n'est point l'auteur des expériences où l'on a constaté pour la première fois la présence de l'électricité dans l'air : ces expériences que Franklin s'est borné à proposer, ont été exécutées, non par lui, mais « par de courageux prosélytes. »

« Si le commerce de nouvelles que vous entretenez entre Philadelphie et Londres, par les feuilles périodiques dont on

(1) Ces *Lettres* sont en deux volumes ; le premier parut en 1754, l'autre six ans après.

(2) Page 149.

dit que vous êtes auteur, vous a mis à portée d'entendre parler des découvertes physiques qui ont été publiées par les gazettes et nommément par celle de France du 27 mai 1752, vous aurez été sans doute bien satisfait d'y trouver le succès d'une expérience à laquelle vous avez la gloire d'avoir pensé le premier, mais dont l'exécution était réservée à MM. Dalibard et Delor, tous deux zélés partisans de votre doctrine. Plus touchés du merveilleux pouvoir que vous attribuez aux pointes que des raisons qui pouvaient s'opposer à l'application importante que vous proposiez d'en faire, ces courageux prosélytes ont eu, heureusement pour la physique, assez de confiance pour tenter cette épreuve que vous n'aviez fait qu'indiquer. Je dis heureusement pour la physique, car quoiqu'on ne tire pas de cette belle expérience l'avantage dont on s'était flatté en la faisant dans vos vues, il en résulte toujours, soit immédiatement, soit par occasion, des connaissances d'un grand prix, et selon moi, le fait de *Marly-la-Ville* doit, comme celui de Leyde, faire époque dans l'histoire de l'électricité (1). »

Nollet rappelle ensuite que l'idée de l'analogie de l'électricité et du tonnerre avait été exposée par lui en termes assez formels, dès l'année 1748, dans ses *Leçons de physique expérimentale*. Il continue en ces termes :

« Je suis extrêmement flatté, monsieur, de pouvoir vous prouver par ce passage que je viens de citer, le parfait accord qui se trouve entre vos pensées et les miennes, sur l'identité de la matière électrique avec celle du tonnerre ; j'espère que quand cette conformité d'opinions vous sera connue, comme elle l'est en France, vous n'approuverez pas que votre éditeur français ait affecté de vous en faire honneur, sans faire mention des physiciens de son pays qui peuvent y avoir part ; et sans me prévaloir en aucune façon de mon antériorité de date, je serai très-content de pouvoir seulement partager avec vous et avec les auteurs qui ont pensé comme nous, l'honneur que l'expérience vient de faire à nos conjectures, en les faisant passer au rang des vérités prouvées.

(1) *Lettres sur l'électricité, dans lesquelles on examine les découvertes qui ont été faites sur cette matière depuis l'année* 1752. 1re partie lettre 7e.

« Oui, je ne crains pas de le dire, les pointes de fer électrisées en plein air dans les temps d'orage, et toutes les épreuves de ce genre qui ont été faites depuis, et qui se font encore tous les jours, nous montrent incontestablement que le tonnerre est un phénomène électrique ; que la matière de ce météore est la même que nous voyons briller autour de nos tubes, de nos globes, de nos barres de fer; et que tous ces jeux philosophiques dont nous nous occupons depuis tant d'années dans nos cabinets, sont de petites imitations ou plutôt des portions de ces feux redoutables qui enflamment l'atmosphère et des foudres qui menacent nos têtes. »

Il semble, d'après cela, que Nollet, heureux de cette découverte qui dévoile, en effet, l'une des lois les plus importantes de la nature, va se rallier à l'opinion de Franklin, et reconnaître, avec lui, qu'une pointe élevée vers les nuages orageux, donnant à la masse d'électricité contenue dans le sol un écoulement facile et constant, permet d'aller neutraliser, au sein du nuage, le fluide électrique. Loin de là ! Nollet confesse bien la présence de l'électricité dans les nuées orageuses, et la nature électrique de la foudre, mais il nie, d'une manière absolue, que le paratonnerre ait la puissance d'agir sur ces masses électrisées. Il reproduit ici le sentiment, et presque les paroles du vulgaire, qui ne peut comprendre que de simples pointes élevées dans l'air aient le pouvoir de conjurer les orages. Il voit une trop grande disproportion entre l'effet et la cause, et tout physicien qu'il est, il raisonne comme les ignorants, en répondant que si les paratonnerres sont utiles, les clochers, les arbres, et tout corps pointu qui est dressé en l'air, doivent exercer une action analogue :

« L'expérience de Marly-la-Ville, dit-il, apprend donc à notre siècle, et à ceux qui le suivront, que le tonnerre et l'électricité sont deux effets qui procèdent du même principe, puisque le fer isolé et exposé en plein air, lorsqu'il tonne, devient par là en état de représenter tous les phénomènes qu'il a coutume de faire

voir, lorsque nous l'électrisons par le moyen des verres frottés. Mais croyez-vous, monsieur, que ce fait mémorable signifie autre chose? Êtes-vous bien sérieusement persuadé que *le tonnerre soit maintenant au pouvoir des hommes*, comme on nous l'assure, que *nous puissions le dissiper à volonté*, et qu'une verge de fer pointue, telle que vous nous l'avez indiquée, telle qu'on l'a employée, *suffise pour décharger entièrement de tout son feu* la nuée orageuse vis-à-vis de laquelle on la dresse? Pour moi, je vous l'avoue sans façon, je n'en crois rien; premièrement parce que je vois une trop grande disproportion entre l'effet et la cause; secondement parce que le principe sur lequel on s'appuie pour nous le faire croire, ne me paraît pas solidement établi.

« En effet, quelle apparence y a-t-il que la matière fulminante, contenue dans un nuage capable de couvrir une grande ville, se filtre dans l'espace de quelques minutes, par une aiguille grosse comme le doigt, ou par un fil de métal qui servirait à la prolonger! A quiconque aurait assez de crédulité pour se prêter à une pareille idée, ne pourrait-on pas proposer aussi d'ajuster de petits tubes le long des torrents pour prévenir les désordres de l'inondation? S'il ne fallait que des corps pointus et éminents pour nous garantir des coups de tonnerre, les flèches des clochers ne suffiraient-elles pas pour nous procurer cet avantage? Car, outre que la plupart ont une croix dont les bras sont presque toujours terminés en pointe, ce que l'on met au bout est si peu de chose, par rapport à la grandeur des objets, que ces édifices sont plus pointus vis-à-vis d'un nuage, qu'une aiguille à coudre ne peut l'être à l'égard d'une barre de fer électrisée. Cependant on sait de tout temps que la foudre ne les respecte guère, non plus que la cime la plus aiguë des montagnes, *feriunt..... summos fulmina montes.* »

Cette objection de Nollet est sans aucun fondement. Les clochers, les arbres et les toits pointus, ne peuvent fonctionner comme paratonnerres, parce qu'ils ne sont pas pourvus de conducteurs métalliques, pouvant donner passage à l'électricité empruntée au sol. Ils ne peuvent agir, au contraire, qu'en attirant la foudre, et l'expérience prouve bien, en effet, que le tonnerre frappe de préférence les corps pointus dressés en l'air.

Nollet commence alors à discuter l'action protectrice du paratonnerre. Il prétend qu'il est indifférent de le munir ou non d'une pointe ; qu'une barre de fer coupée carrément agirait de la même manière, et qu'on peut à volonté lui assigner une position horizontale ou verticale.

« Mais si, dit-il, malgré ces raisons, la pointe électrisée le 10 mai à Marly-la-Ville, a pu autoriser et confirmer en quelque façon les esprits prévenus, dans l'espérance trop flatteuse qu'ils avaient conçue de soutirer le feu du tonnerre jusqu'à l'épuiser, ce qui se passa peu de jours après à Saint-Germain en Laye et en quantité d'autres endroits depuis, n'aurait-il pas dû les désabuser, et leur montrer que le pouvoir des pointes a bien peu de part à ces effets? Quand il plaira aux physiciens qui se sont trouvés à portée de revoir le fait, de l'examiner dans ses différentes circonstances, et d'en peser la juste valeur ; quand il leur plaira, dis-je, de publier leurs découvertes, et d'exposer en détail ce qu'ils n'ont pu faire encore que sommairement, pour empêcher les progrès de l'illusion, vous verrez que la grandeur, la figure, la situation du fer, ne sont point des choses essentielles, et d'où dépende absolument le succès de ces expériences ; vous verrez qu'une verge, une barre de fer pointue ou coupée carrément par les bouts, posée verticalement ou dans un plan horizontal, reçoit également l'électricité qui règne dans l'air lorsqu'il tonne, et même souvent lorsqu'il ne tonne pas ; vous verrez que ce n'est point un privilége attaché au fer ; que l'eau, le bois, les animaux, et généralement tous les corps électrisables, acquièrent pareillement cette vertu, et qu'il n'est pas nécessaire pour cela de les porter au plus haut des édifices, quoiqu'on réussisse mieux dans les endroits élevés et isolés. Toutes ces vérités sont aujourd'hui de notoriété publique. »

Ces dernières assertions que Nollet appelle « des vérités de notoriété publique », ne résultaient que de faits mal observés.

Nous ne pousserons pas plus loin ces citations, qui mettent suffisamment en évidence les sentiments de l'abbé Nollet sur le paratonnerre. Disons seulement que, dès sa première

lettre, il expose plus sommairement la même opinion. Il déplore l'erreur commise à ce sujet par Franklin. En considération des services incontestables rendus à l'électricité par le physicien de Philadelphie, il voudrait « que l'on pût « oublier à jamais que M. Franklin a pu donner dans ce « petit écart (1). » La postérité, nous le croyons, verra dans cette dernière opinion, dans « ce petit écart de M. Franklin, » le *grand écart de M. l'abbé Nollet*.

C'est sur la foi de Nollet que plusieurs physiciens, après l'année 1754, date de la publication de ses premières *Lettres*, se sont élevés, en France, contre la vertu des paratonnerres. Nous ne citerons qu'un seul de ces opposants, mais qui est bien digne de cette mention spéciale, puisque, dans son ardeur à proscrire l'appareil de Franklin, il allait jusqu'à demander qu'un règlement de police empêchât à l'avenir de terminer les édifices par une forme pointue, mais prescrivît, au contraire, de leur donner toujours des surfaces convexes. Dans son zèle anti-frankliniste, il voulait même qu'il fût défendu de planter des arbres de haute tige aux en-

(1) « Je reviens aux expériences de M. Franklin, sur lesquelles il me « reste encore quelque chose à vous répondre. Du phénomène de Marly-« la-Ville et des découvertes qui ont été faites depuis et auxquelles il a « donné occasion, on a tiré les deux conséquences suivantes : la première, « que la matière du tonnerre est la même que celle de l'électricité ; la « seconde, que par le moyen des verges de fer pointues on pourrait sans « bruit et sans dommage tirer toute la matière fulminante d'une nuée « orageuse. Vous savez déjà à peu près ce que je pense de cette dernière « par la manière dont je vous en ai parlé plus haut ; je n'ai jamais été « tenté d'y ajouter foi : mais quoique à mon avis on soit mal fondé à « croire qu'on délivrera le genre humain de la crainte du tonnerre, en « dressant en l'air les pointes de fer ; après avoir dit tout ce qu'il convient « pour empêcher l'erreur de s'accréditer, je voudrais qu'on pût oublier « à jamais que M. Franklin a donné dans ce petit écart : je le voudrais « en faveur du motif qui l'a déterminé et à cause des découvertes plus « réelles que cela nous a procurées. » (*Lettres sur l'électricité, dans lesquelles on examine les découvertes qui ont été faites sur cette matière depuis l'année* 1752. 1re partie, lettre 1re.)

virons des habitations. Cet ennemi des jardins était l'abbé Poncelet, auteur d'un traité spécial intitulé : *La Nature dans la formation du tonnerre*. Voici comment il s'exprime à ce sujet :

« Quand on annonça, il y a quelques années, dit l'abbé Poncelet, la propriété des pointes, je me souviens qu'on vit alors quantité de gens qui s'imaginaient que c'était là le grand, le vrai, l'unique moyen d'éviter les accidents fâcheux, qui suivent ou accompagnent quelquefois le tonnerre. J'entendis même en ce temps-là plusieurs personnes qui, se croyant fort instruites, soutenaient opiniâtrément que, si l'on avait essuyé très-peu d'orages en 1651 et 1752, on en était redevable à trois ou quatre barres métalliques, élevées dans autant de quartiers de Paris, Hélas! en raisonnant de la sorte, que l'on était éloigné de compte ! Les pointes, il est vrai, attirent le phlogistique de la nuée, elle le dissipent même en partie ; mais quelle proportion peut-il y avoir entre une masse quelquefois d'une demi-lieue et plus de long, d'autant de large, et peut-être de cent toises de profondeur, avec une petite barre de fer de six pieds de long, sur six lignes d'épaisseur ? C'est comme si je voyais un charlatan muni d'un vase contenant environ une pinte, entreprendre de vider l'immense bassin de l'Océan, pour passer à pied sec en Angleterre. Je vais plus loin, et je prétends qu'en multipliant les barres, on court risque de produire un effet tout contraire à celui que l'on se propose. Car enfin, en cherchant ainsi à attirer le phlogistique, il peut tomber en si grande quantité, dans les lieux où seront posées ces barres, qu'il résultera de cette chute les orages les plus étranges et les plus inévitables. Et n'est-ce pas ce que l'on a vu arriver cent et cent fois aux cloches terminées en flèches? Bien loin donc d'avoir recours à cette sorte de moyen pour éviter le tonnerre, je voudrais au contraire que l'on fît un règlement de police par lequel il serait défendu de faire désormais des constructions de cette espèce. Conséquemment tous les édifices un peu élevés seraient terminés par des formes convexes ou approchantes, ou tout au moins présenteraient de très-larges surfaces. Par la même raison, je voudrais qu'il fût défendu de planter des arbres de haute tige aux environs, et à la proximité des habitations. J'en atteste encore sur cela l'expérience qui nous apprend

que les arbres fort élevés font la fonction de pointes, et attirent fréquemment le tonnerre (1). »

On reconnaît dans cette argumentation, et exprimées presque dans les mêmes termes, les préventions et les erreurs de Nollet. Les corps terrestres élevés en l'air et terminés en pointe, tels que les arbres, et les clochers, qui n'ont qu'une conductibilité très-imparfaite, et qui dès lors peuvent être frappés de la foudre, sont toujours confondus avec les tiges métalliques pointues et qui, communiquant par un excellent conducteur avec le sol, peuvent donner un libre passage à l'électricité, et permettre de neutraliser ainsi le fluide libre des nuages.

Ce qui fait comprendre, en partie, cette opposition contre le paratonnerre, soutenue avec obstination par des savants aussi distingués que Nollet en France, et Wilson en Angleterre, c'est que Franklin qui, nous devons le dire, a toujours mal interprété physiquement le mécanisme du pouvoir des pointes, s'imaginait que les pointes *soutiraient* par elles seules le fluide électrique des nuages (2). Ce mot *souti-*

(1) *La nature dans la formation du tonnerre, et la reproduction des êtres vivants, pour servir d'introduction aux vrais principes de l'agriculture*, 1766, pages 116-118.

(2) La tige d'un paratonnerre n'agit pas en *soutirant* l'électricité des nuages, comme le pensait Franklin : c'est tout le contraire qui a lieu. Tout le monde sait aujourd'hui que le mécanisme physique du paratonnerre repose sur l'*électrisation par influence*. Quand un nuage orageux électrisé positivement, par exemple, existe au sein de l'atmosphère, il agit par influence, c'est-à-dire à distance, sur tous les corps qui se trouvent placés sur la terre, dans le rayon de son activité. Il repousse au loin le fluide positif et attire le fluide négatif, qui s'accumule sur les corps situés à la surface du sol, et avec d'autant plus d'abondance que ces corps sont placés à une plus grande hauteur. Les corps élevés le plus haut dans l'atmosphère, sont dès lors naturellement les plus fortement électrisés et les plus exposés à recevoir la décharge électrique. Mais si, dans ces hautes régions on a élevé des paratonnerres, c'est-à-dire des tiges métalliques pointues en communication avec le sol, le fluide négatif attiré du sol par l'influence du nuage, s'écoule dans l'atmosphère et va neutraliser le fluide positif au sein même de ce nuage. Il peut arriver pourtant que la masse d'é-

rer effraya longtemps les imaginations et continua à entretenir les craintes et les préjugés contre le paratonnerre.

Malgré les efforts de quelques physiciens intelligents parmi lesquels il faut citer Charles et Leroy, de l'Académie des sciences, on repoussa en France, jusqu'à l'année 1782, les paratonnerres, que l'Amérique avait adoptés dès l'année 1760, sur les recommandations et grâce au crédit politique de Franklin.

Les physiciens qui partageaient les idées de Nollet ne se contentaient pas de déclamer contre cet appareil comme inutile et ridicule ; ils le dénonçaient comme dangereux pour la sécurité publique, ce qui eut pour effet d'amener des émeutes populaires. En 1783, un gentilhomme de la ville de Saint-Omer, M. Visseri de Boisvallé, avait fait élever sur sa maison un paratonnerre, qu'il avait surmonté d'une sorte de globe terminé par une épée qui semblait menacer le ciel. A la vue de cet appareil, toute la ville fut en rumeur, la foule se rassembla menaçante, et tout prête à faire un mauvais parti au téméraire novateur (1). Partageant les préjugés populaires, la municipalité de Saint-Omer, au lieu de soutenir M. de Visseri, rendit un arrêté qui lui intimait l'ordre d'abattre l'appareil suspect. Ce dernier résista à une prétention qui excédait les pouvoirs de l'autorité municipale, et saisit de la question le tribunal d'Arras. Un avocat, alors très-obscur, fut chargé de la défense de M. Visseri de Boisvallé : sa plaidoirie et la cause à laquelle elle se rapportait eurent un grand retentissement. Toute la France s'occupa

lectricité contenue dans la nuée orageuse soit si considérable, que le conducteur du paratonnerre reste insuffisant pour emprunter au sol la quantité de fluide opposé nécessaire pour neutraliser le fluide libre du nuage. La foudre éclate alors, mais comme l'électricité suit toujours le meilleur conducteur, c'est le paratonnerre qui reçoit la décharge en raison de sa parfaite conductibilité, et l'édifice est préservé.

(1) *La physique à la portée de tout le monde*, par le Père Paulian, t. II, p. 389.

de l'affaire de Saint-Omer, et en suivit les phases avec sollicitude. Le jugement du tribunal d'Arras, du 31 mai 1783, qui cassait l'arrêté de la municipalité de Saint-Omer, fut accueilli dans le royaume avec des applaudissements unanimes, et on lut avec empressement la plaidoirie du jeune avocat, qui, au dire du *Journal des savants*, avait traité son sujet avec beaucoup d'esprit et d'érudition.

Le jeune avocat du tribunal d'Arras s'appelait M. de Robespierre, et cette affaire commença la réputation du célèbre conventionnel.

En 1771, Th. de Saussure, à Genève, avait fait dresser un paratonnerre pour garantir sa maison et son quartier. Toute la ville s'émut, et pour tranquilliser les esprits, M. de Saussure dut faire imprimer un petit ouvrage sur l'*utilité des conducteurs électriques,* dont on distribuait des exemplaires gratis à toute personne qui se présentait à un *bureau d'avis* (1).

Le jugement du tribunal d'Arras eut pour effet d'attirer l'attention des corps savants sur les paratonnerres. L'Académie de Dijon s'occupa la première de cette question : un rapport sur ces appareils fut rédigé par Guyton de Morveau et Maret, qui établirent toute l'utilité de cet appareil et posèrent quelques règles pour sa construction.

C'est dans les provinces du Midi, et non dans la capitale de la France, que les premiers paratonnerres furent établis. L'abbé Bertholon, professeur de physique, en avait élevé beaucoup à Lyon et dans diverses villes du Languedoc. C'est d'après l'efficacité qui fut bientôt reconnue aux appareils construit par l'abbé Bertholon, que ce physicien, en 1782, fut appelé à en établir de semblables dans la capitale (2).

(1) *La physique à la portée de tout le monde*, par le P. Paulian, t. II, p. 389.

(2) C'est ce que constate le *Mercure de France*. « On ne fera plus, dit ce journal, à la capitale de la France le reproche de ne pas adopter la découverte des paratonnerres, dont l'utilité est si bien démontrée. Plusieurs

L'adoption des paratonnerres ne commença en Angleterre qu'en 1788. Le chapitre de Saint-Paul, à Londres, après avoir pris l'avis de la Société royale, décida que l'église métropolitaine serait munie d'un de ces instruments. Un second s'éleva quelque temps après sur Buckingham-House, et bientôt les principaux édifices publics de Londres et les magasins à poudre mêmes en furent munis.

Le grand-duc de Toscane et l'empereur d'Autriche firent adopter, vers cette époque, la même mesure dans leurs États.

Avant que l'on élevât des paratonnerres sur les édifices, on avait déjà songé à préserver, par le même moyen, les navires en mer. C'est la république de Venise qui donna la première le signal de cette mesure. Par un décret du 30 juillet 1778, la république avait ordonné que ce nouveau système fût appliqué à tous ses navires et aux magasins à pou-

villes de France s'étaient déjà distinguées par leur empressement pour en élever ; et la ville de Paris, le séjour des sciences et des arts, ne pouvait différer plus longtemps de suivre l'exemple que le nouveau monde a donné à l'ancien. Madame la duchesse d'Ancenis en a fait élever un sur son autel, où la foudre est tombée précédemment ; et les religieuses Augustines Anglaises en ont fait établir un sur leur couvent. M. l'abbé Bertholon, professeur de physique expérimentale des états généraux de la province de Languedoc, déjà connu dans la république des lettres par plusieurs ouvrages qui ont eu du succès et par les superbes paratonnerres de Lyon, a été choisi pour présider à la construction de ces nouveaux instruments, qu'il a fait exécuter d'une manière à ne rien laisser à désirer. Celui de l'hôtel de Charost, de madame la duchesse d'Ancenis, a quatre-vingt-cinq pieds de longueur, l'extrémité inférieure qui entre dans la terre et plonge au-dessous de l'eau a vingt-huit pieds. Le paratonnerre des religieuses Anglaises est de cent quatre-ving-huit pieds de longueur, et la partie qui est dans la terre et qui aboutit à l'eau est de quatre-vingt-dix pieds de profondeur. On a observé la plus grande précision dans les jonctions qui sont faites à vis ; des communications métalliques ont été savamment ménagées, les pointes sont dorées à or moulu ; des verticelles ont été placées aux endroits convenables ; en un mot, on y voit toutes les perfections que M. l'abbé Bertholon a décrites et observées dans divers appareils de ce genre, qu'il a construits en plusieurs endroits, et qu'il fera connaître en détail dans un de ses ouvrages. » (*Mercure de France*, 1782, n° 52, p. 188.)

dre. C'est d'après cet exemple, qu'en 1784, le physicien Leroy visitait nos ports pour faire installer le paratonnerre sur tous les navires et sur les constructions maritimes. Les conducteurs métalliques adoptés par Leroy, pour l'usage des navires, étaient des chaînes de cuivre fixées aux mâts. Les vaisseaux *l'Étoile*, *l'Astrolabe*, *la Résolution*, *l'Expérience* et *la Boussole*, furent munis les premiers de cet appareil.

Les avantages manifestes qui résultaient de l'emploi des paratonnerres firent bientôt justice de préventions mal fondées. La question fut enfin envisagée sous son jour véritable, et l'on reconnut les avantages immenses de ce simple et ingénieux instrument. Dès lors, le physicien de Philadelphie ne compta plus que des partisans : « M. l'abbé Nollet, nous dit « Franklin dans ses *Mémoires*, vécut assez pour se voir le « dernier de son parti, excepté M. B... de Paris, son élève et « son disciple immédiat. »

C'est Turgot qui est l'auteur d'un vers à la louange de Franklin, qui est devenu bien célèbre. Le texte primitif de ce vers, destiné à être placé au bas d'un portrait du philosophe américain, est très-peu connu ; le voici, d'après Vicq d'Azyr :

Eripuit cœlo fulmen, mox sceptra tyrannis (1).

Après le triomphe définitif des armées américaines, ce vers fut modifié; par un changement doublement heureux, et pour l'harmonie, et pour l'exactitude historique, il devint celui que tant de bouches ont répété :

Eripuit cælo fulmen sceptrumque tyrannis.

La conversion aux idées de Franklin devint bientôt si com-

(1) *Éloge de Franklin*, par Vicq d'Azyr, dans la *Revue rétrospective*, avril-juin 1835, page 390 du volume. Cet éloge de Franklin ne figure pas dans la collection in-8° des *Éloges historiques* par Vicq d'Azyr, qui a été publiée en 1805 par Moreau (de la Sarthe) ; il n'a été imprimé qu'en 1835 dans la *Revue rétrospective*.

plète. en France, que l'on en vint jusqu'à déclarer qu'une personne menacée, en rase campagne, par le feu du ciel, n'avait, pour s'en garantir, qu'à tirer l'épée, et à la tenir, dressée verticalement contre les nuées orageuses, dans la position d'Ajax menaçant les dieux. Les gens d'Église, à qui leur condition interdisait de porter l'épée, se plaignirent de cette rigueur du sort, et l'on songea à demander pour eux, au moins pour les temps d'orage, une infraction à la coutume. On répondit à cette réclamation des gens d'Église, en leur montrant, dans le livre de Franklin, qui était l'évangile du jour, « qu'on peut suppléer au pouvoir des pointes en laissant bien mouiller ses habits. » C'est chose facile pendant un orage. Ils n'insistèrent plus sur leur requête.

Les dames de Paris portèrent quelque temps un chapeau garni, autour de la ganse, d'un fil métallique, communiquant avec une petite chaîne d'argent qui tombait, par derrière. jusque sur les talons. C'était le moyen, imaginé par la mode, pour défendre du feu du ciel les précieuses têtes des jolies femmes.

Entre les partisans enthousiastes de Franklin et ses détracteurs, entre les physiciens qui propagèrent avec ardeur sa doctrine et ceux qui l'ont attaquée par leurs discours ou leurs écrits, il faut ranger les indifférents ou les douteux, qui flottaient insoucieusement entre les deux opinions. De ce nombre fut le roi de Prusse, Frédéric II, qui, après examen de la question par des savants commissionnés à cet effet, accorda l'autorisation d'établir des paratonnerres dans toute l'étendue du royaume de Prusse, mais défendit expressément d'en placer aucun sur son palais de Sans-Souci.

CHAPITRE IX

Utilité des paratonnerres. — Faits à l'appui.

Les paratonnerres sont-ils utiles? La théorie le fait prévoir. Mais les personnes étrangères aux sciences, comparant la grandeur du phénomène de la foudre et les désastres qu'il occasionne avec la faiblesse et l'insignifiance apparente du moyen qu'on lui oppose, ont toujours conçu des doutes à ce sujet. Dans cette conjoncture, il n'y a d'autres preuves à admettre que celles qui résultent des faits observés ; il faut que des événements multipliés aient prouvé avec surabondance que l'instrument de Franklin rend, en effet, les édifices invulnérables. Or, cette démonstration a été fournie d'une manière si complète, que nous n'avons que l'embarras du choix parmi les faits innombrables qui la confirment. L'énumération qui va suivre ne laissera subsister aucun doute à cet égard.

En 1782, il existait déjà à Philadelphie un nombre considérable de paratonnerres. Sur 4,800 maisons dont se composait la ville, on comptait au moins 400 paratonnerres. Tous les édifices publics en avaient été munis : un seul faisait exception : c'était l'hôtel de l'ambassade de France. Le 27 mars 1782, un orage éclata sur la ville et tomba précisément sur cet hôtel. Il y occasionna divers ravages et frappa un officier français, qui mourut au bout de quelques jours. On ne manqua pas après cet événement de placer un paratonnerre sur l'hôtel, qui depuis fut épargné par la foudre.

Le 12 juillet 1770, à Philadelphie, la foudre tomba tout à la fois sur un petit navire dépourvu de paratonnerre, sur deux maisons qui étaient dans le même cas, et sur une troisième

maison défendue par un de ces appareils. Le navire et les deux premières maisons furent gravement endommagées. Quant à la maison armée d'un paratonnerre, et qui avait été également atteinte par la foudre, elle n'offrit aucun dégât : seulement, la tige du paratonnerre avait été fondue sur une assez grande longueur.

En 1787, toujours à Philadelphie, la maison de Franklin fut frappée par le feu du ciel, qui n'y occasionna pourtant aucun dommage : comme dans le cas précédent, la pointe du paratonnerre avait été fondue, « de sorte, dit Franklin dans « une lettre à M. Landriani, qu'avec le temps l'invention a « été de quelque utilité pour l'inventeur (1). «

La belle tour de la cathédrale de la ville de Sienne, l'un des clochers les plus beaux et les plus élevés de l'Italie, était souvent foudroyée, et chaque fois endommagée gravement. On se décida, en 1776, à la mettre sous la sauvegarde d'un paratonnerre. Les habitants de Sienne ne virent pas sans horreur et sans effroi se dresser sur la tour de leur ca-

(1) J'ai reçu, écrit Franklin à M. Landriani, l'excellente dissertation sur l'*Utilité des conducteurs électriques*, que vous avez eu la bonté de m'envoyer, et je l'ai lue avec beaucoup de plaisir. Recevez-en mes sincères remerciments.

« Je trouve, à mon retour en ce pays, que le nombre des conducteurs y est fort augmenté, l'utilité en ayant été démontrée par plusieurs épreuves de leur efficacité à préserver les bâtiments de la foudre. Entre autres exemples, ma maison fut, un jour, frappée d'un violent coup de tonnerre ; les voisins, s'en étant aperçus, accoururent sur-le-champ, pour y porter du secours, au cas que le feu y eût pris ; mais il n'y avait eu aucun dommage, et ils trouvèrent seulement la famille fort effrayée de la violence de l'explosion.

« En faisant, l'année dernière, quelque augmentation au bâtiment, on fut obligé d'enlever le conducteur ; j'ai trouvé, en l'examinant, que la pointe de cuivre qui avait, quand on l'a placée, neuf pouces de long et environ un tiers de pouce de diamètre dans sa partie la plus épaisse, avait été presque entièrement fondue et qu'il en était resté fort peu attaché à la verge de fer : de sorte qu'avec le temps l'*invention a été de quelque utilité à l'inventeur*, et a ajouté cet avantage au plaisir d'avoir été utile aux autres. »

thédrale ce qu'ils appelaient la *baguette hérétique*. Mais le 18 avril 1777, la foudre se chargea de réconcilier ces bons catholiques avec la découverte de la science profane. Elle vint frapper la même tour qui avait été si souvent endommagée par le feu du ciel; mais elle descendit inoffensive le long du conducteur, sans causer le moindre dégât; et, sans même altérer les ornements dorés près desquels elle passait, elle se perdit dans le conduit souterrain qui la faisait aboutir à un canal rempli d'eau.

Le clocher de Saint-Marc, à Venise, avait été foudroyé un grand nombre de fois, et les dégâts occasionnés à ce beau monument avaient entraîné à beaucoup de dépenses la république vénitienne. Ce clocher était exposé plus que tout autre aux coups de foudre, à cause de sa grande élévation, de sa situation isolée et de la grande quantité de fer qui entrait dans sa construction; aussi dans un intervalle de quatre siècles avait-il éprouvé neuf coups de tonnerre dont les effets avaient été plus ou moins désastreux. Le premier et le second furent si terribles, que le feu du ciel renversa en partie le clocher; par le même coup, le clocher des Frères Mineurs conventuels fut frappé au même instant, et sept cloches furent fondues. Dans le septième coup de foudre, le 23 avril 1745, il y eut sur le clocher de Saint-Marc trente-sept fractures qui menaçaient la tour d'une ruine entière; les réparations coûtèrent plus de huit mille ducats.

Rien n'était plus nécessaire, on le voit, que d'élever un paratonnerre sur ce clocher; c'est ce que l'on fit au mois de mai 1776; depuis cette époque, il n'a plus été atteint par le feu du ciel.

Le clocher des Cordeliers de *San-Francisco della Vigna*, l'un des plus beaux de Venise, et qui, s'élevant en pyramide à une grande hauteur, servait autrefois de signal aux vaisseaux prêts à entrer dans le port, fut frappé et presque entièrement renversé par la foudre en 1777. On le rebâtit

bientôt, et le sénat de Venise ordonna qu'il fût armé d'un paratonnerre.

A la fin du mois de mai 1780, comme on travaillait encore à la construction de cet appareil, la foudre tomba de nouveau sur le clocher, qui n'était pas encore muni de sa tige préservatrice ; mais dès que la matière fulminante fut parvenue à l'extrémité supérieure de ce conducteur partiel, elle fut transmise, sans occasionner le moindre dommage, et se perdit ensuite tranquillement dans le sol.

En 1781, ce clocher fut encore atteint par la foudre, mais cette fois son paratonnerre était complétement installé; aussi ne reçut-il aucun dommage. Une légère marque à la croix, quelques empreintes noires que l'on trouva sur la chaîne du paratonnerre, attestèrent la transmission inoffensive du fluide fulminant.

D'après un mémoire de M. Harris, savant anglais qui s'est occupé avec infiniment de soin de la construction des paratonnerres des navires, il y a dans le Devonshire six églises à clochers très-élevés, dont cinq ne sont pas munis de paratonnerres; dans un intervalle de quelques années, toutes les six ont été frappées de la foudre, et la seule qui n'ait subi aucun dommage de l'action du météore, est aussi la seule qui soit armée d'un paratonnerre.

Lichtenberg, d'après les observations et sous la garantie d'Ingenhousz, a raconté un cas fort curieux de l'efficacité du paratonnerre.

En Carinthie, dans les domaines du comte Orsini de Rosenberg, chambellan de l'empereur, il existait sur une montagne une église, qui avait été à plusieurs reprises frappée du tonnerre. Cet accident, fréquemment renouvelé, avait amené tant de désastres que, durant l'été, on s'abstenait d'y célébrer le service divin. En 1730, cette église fut, selon l'expression d'Ingenhousz, « tout anéantie par la foudre. » On la rebâtit à neuf, mais elle subissait trois ou quatre fois

par an, comme par le passé, les périlleuses visites de l'électricité météorique. Dans le cours d'un seul orage, le tonnerre tomba jusqu'à dix fois sur le clocher; et en 1778 il fut foudroyé à cinq reprises différentes : la cinquième fois l'atteinte fut si violente, que craignant pour la solidité de l'édifice, le comte Orsini se décida à le faire démolir. On le releva de nouveau, mais cette fois en le munissant d'un paratonnerre. Depuis cette époque jusqu'en 1783, date des observations de Lichtenberg, aucun accident ne vint compromettre la solidité de ce bâtiment. Une seule fois le tonnerre vint le frapper, mais l'électricité s'écoula le long de la route qu'on lui avait tracée, et ne fondit pas même la pointe du conducteur (1).

L'abbé Toaldo est le premier qui, en 1782, établit des paratonnerres en Autriche et en Bavière. A peine les conducteurs étaient-ils placés sur le château de Nymphenbourg, appartenant à l'Électeur de Bavière, que ce prince y observa le premier, dans un orage, des feux sur les pointes de deux de ces instruments. Il fit aussitôt appeler pour témoin toute la cour, dans laquelle il y avait, comme les appelait l'Électeur, des hérétiques en électricité, lesquels furent convertis à la seule inspection de ce phénomène.

Un autre fait curieux fut observé à Nymphenbourg. Pendant un orage, on vit s'avancer vers le château des nuées orageuses qui lançaient de terribles éclairs. Mais dès que ces nuées avaient passé au-dessus des paratonnerres, elles devenaient toutes « comme des charbons éteints ; aucune n'é« clairait plus, ayant fait passer tout leur feu dans les « pointes. » Beaucoup de personnes furent témoins de ce fait, ainsi que l'abbé Toaldo qui l'a rapporté (2).

Dans le mémoire de l'abbé Bertholon intitulé : *Nouvelles Preuves de l'efficacité des paratonnerres*, on lit que, durant

(1) Bertholon, *De l'électricité des météores*, t. I, p. 201.
(2) *Ibid.*, t. I., p. 198.

une tempête terrible, les paratonnerres de Londres, et principalement les pointes de ceux qui se trouvaient sur le palais de la reine, se montrèrent lumineux. « On voyait, « dit Bertholon, le fluide électrique se jouer et voltiger de « la plus belle manière. » Le fluide fut si bien transmis, qu'il n'y eut en ce moment, malgré la violence de l'orage, aucune maison de Londres qui en souffrît le moindre dégât (1).

Un autre exemple de l'utilité des paratonnerres fut constaté à Glogau, dans la Silésie, en 1782. Le 8 mai, vers huit heures du soir, un orage venu de l'ouest vint fondre non loin du magasin à poudre établi dans *Galinaburg*. Un éclair éblouissant parcourut le ciel, accompagné d'un effroyable éclat de tonnerre, le tout avec tant de violence, que la sentinelle, frappée de stupeur, perdit pour quelques moments l'usage de ses sens. Quelques ouvriers employés aux travaux de la forteresse, à deux cent cinquante pas des magasins, virent la foudre sortir du nuage et frapper la pointe du conducteur, sans lequel évidemment tous les bâtiments auraient sauté (2).

« La grande colonne de Londres le *Monument*, dit Arago dans sa *Notice sur le tonnerre*, fut élevée dans l'année 1677, par

(1) *NouvellesPreuves de l'efficacité des paratonnerres*, in-4, avec figures, p. 18 et 19.

(2) C'est ce qui était arrivé pour une énorme quantité de poudre appartenant à la république de Venise, et qui se trouvait déposée sous les voûtes de l'église de Saint-Nazaire, à Brescia. Au mois d'août 1767, la tour principale de cette église fut frappée de la foudre; le fluide électrique descendit dans les souterrains, et deux cent sept mille six cents livres de poudre firent explosion. Un sixième de la belle cité de Brescia fut détruit par cette catastrophe, qui entraina la mort d'environ trois mille personnes. Un événement de même nature, amené par l'absence de précautions, fit sauter, à Sumatra (1782), les bâtiments d'un entrepôt où étaient enfermés quatre cents barils de poudre. Enfin, à Luxembourg, en 1807, l'explosion d'un magasin où la foudre mit le feu à douze tonneaux de munitions d'artillerie fit écrouler toute la partie inférieure de la ville.

Christophe Wren, en commémoration du grand incendie de cette capitale. Elle a environ soixante-deux mètres de hauteur, à compter du pavé de Fish-street. Sa partie supérieure se termine par un large bassin de métal, rempli d'un grand nombre de bandes également métalliques, plus ou moins contournées, dirigées dans divers sens, et qui, étant destinées à figurer des flammes, sont toutes terminées en pointes très-aiguës. Du bassin jusqu'à la galerie descendent verticalement quatre fortes barres de fer, qui servent d'appui aux marches de l'escalier de même métal, aboutissant au bassin. Une des quatre barres (elle n'a pas moins, à sa base, de treize centimètres de large, sur vingt-cinq millimètres d'épaisseur) est en communication avec les mains courantes en fer de l'escalier, lesquelles descendent jusqu'au sol. Tout le monde retrouvera ainsi les pointes multiples de certains paratonnerres et le conducteur. Je n'ai pas appris que, dans les cent soixante années qui se sont écoulées depuis 1677, un seul coup de foudre ait frappé le *Monument*.

« Les dégâts faits par la foudre dans la tour de Strasbourg étaient, chaque année, l'occasion d'une dépense considérable. Depuis l'époque assez récente où la flèche a été armée d'un paratonnerre, les dégâts sont nuls, et la dépense a disparu du budget municipal (1). »

Le 5 septembre 1779, un violent orage ayant éclaté à Manheim, la foudre tomba sur une cheminée de la Comédie allemande et la mit en pièces. Elle frappa en même temps une maison située à peu de distance : c'était celle du comte de Riaucour, ambassadeur de Saxe à Paris, cette dernière était munie depuis deux ans d'un paratonnerre, qui la préserva de tout dégât, car la foudre suivit parfaitement la chaîne conductrice. Plusieurs officiers et autres personnes virent la flamme électrique tomber sur le paratonnerre et de là sur le sol, où elle souleva un tourbillon de sable qui couvrit le conducteur à son entrée en terre. Ce paratonnerre avait été élevé par l'abbé Hemmer de l'Académie de Manheim, garde et démonstrateur de physique du cabinet de l'Électeur.

(1) Arago, *Notices scientifiques*, t. I, p. 386.

« Informé de ce fait, écrit l'abbé Hemmer, je me rendis le 16 du même mois, avec une bonne lunette, devant la maison de M. le comte de Riaucour, où, ayant bien examiné les pointes des conducteurs (chacun en a cinq), j'en ai découvert une qui était fort endommagée, et c'était précisément sur le conducteur sur lequel on assurait avoir vu tomber la foudre. J'ai fait monter un couvreur pour dévisser cette pointe, qui était la perpendiculaire, les quatre autres étant horizontales; cet homme me l'ayant apportée en présence de plusieurs personnes, nous l'avons trouvée fendue vers le haut, et très-fortement courbée et tortillée à la longueur de deux pouces et demi. A l'endroit où cette courbure finit, elle a deux lignes et demie de diamètre. J'en ai fait visser une autre à sa place, et je conserve la première dans le cabinet de physique de S. A. S. E. (1). »

Le paratonnerre que l'abbé Bertholon avait élevé sur l'église de Saint-Just à Lyon donna une preuve de l'efficacité de ces instruments, même quand ils sont privés de leur pointe. Le désir de voir la foudre tomber sur ce paratonnerre, afin de montrer à tous les yeux la manifestation de l'utilité de cet appareil, avait engagé Bertholon à différer assez longtemps de le compléter en l'armant de sa pointe ; il espérait que dans cet état la foudre, qui l'avait auparavant assez souvent visité, pourrait y revenir. Le 3 septembre 1780, après un orage accompagné de vent, de pluie et de fréquents tonnerres, un grand nombre de personnes virent un trait de feu serpentant venir frapper l'extrémité du paratonnerre désarmé de sa pointe, l'instrument le conduisit en silence jusque dans la terre, sans qu'il occasionnât le moindre dommage à l'édifice. Ainsi la physique fit dans ce cas l'épreuve que tous les gouvernements prescrivent pour s'assurer d'avance de la résistance des bouches à feu et de celle des machines à vapeur. La pointe fut placée ensuite sur la tige du paratonnerre pour compléter l'instrument (2).

(1) Sigaud de Lafond, *Précis historique et expérimental sur l'électricité*, p. 259.

(2) Bertholon, *De l'électricité des météores*, t. I, p. 206.

Le château royal de Turin, la *Valentina,* qui avait souvent été frappé du tonnerre, s'en trouva entièrement à l'abri dès qu'il fut armé d'un paratonnerre par Beccaria.

En 1783, la foudre fit beaucoup de ravages dans toute l'Italie; mais à Gênes, où l'on avait élevé un grand nombre de paratonnerres, elle ne fit presque aucun mal, et selon la remarque de Landriani, elle ne frappa que deux ou trois maisons assez éloignées de ces conducteurs.

Arnolsini a remarqué que la foudre ne tomba point dans l'été de 1783, à Lucques, où il avait introduit le premier l'usage des paratonnerres, bien qu'elle fît de grands ravages, pendant le même temps, dans toute l'Italie. Aux environs de Bologne, elle tomba très-souvent et tua quatre personnes. Néanmoins elle respecta le palais de Saint-Marin et deux édifices de Lucques armés de conducteurs, qui, avant cette époque, avaient souvent été foudroyés.

Schinttz, secrétaire de l'Académie de Zurich, ville dans laquelle on avait élevé un grand nombre de paratonnerres, a également observé que, malgré la très-grande quantité d'orages qui éclatèrent en Suisse, en 1783, aucune maison ne souffrit le plus petit accident.

La maison de campagne du comte de Mniszeck, à Demblin, avait été ravagée par la foudre pendant plusieurs années, ce qui détermina à y élever un appareil préservateur; dès lors la foudre put y tomber cinq fois sans occasionner aucun effet fâcheux.

L'abbé Hemmer écrivait en 1783, à Landriani, que l'église luthérienne de Bornheim et celle de Nierstein, qui avaient été très-souvent fort endommagées par le feu du ciel, en furent entièrement préservées, même dans les orages les plus terribles, dès qu'on les eut munies de paratonnerres.

D'après M. Greppi (1), les maisons de Hambourg n'éprou-

(1) *Dissertation de M. Landriani,* 1784, p. 283 et suiv.

vèrent plus aucun dégât de la foudre depuis que ces appareils y furent établis (1).

(1) On se fait difficilement l'idée de la quantité de fluide électrique qu'un paratonnerre peut neutraliser. Pour donner un résultat précis sur ce point et montrer par une évaluation positive l'efficacité de l'appareil de Franklin, nous citerons un curieux passage de la *Notice* d'Arago *sur le tonnerre*, où cette question est traitée avec précision.

« La matière fulminante que les paratonnerres en pointe soutirent aux nuées est-elle considérable? dit Arago. Peut-il résulter de cette action un affaiblissement sensible des orages? Là où il y aura beaucoup de paratonnerres, les coups de foudre seront-ils moins à redouter? Des expériences de Beccaria m'ont fourni les éléments nécessaires pour éclaircir, je crois, tous ces doutes.

« Cet habile physicien avait dressé à Turin, sur deux points du palais de Valentino fort éloignés l'un de l'autre, deux gros fils métalliques rigides, maintenus en place à l'aide de corps de certaines natures que les physiciens appellent corps isolants. Chacun de ces fils était peu éloigné d'un autre fil métallique; mais celui-ci, au lieu d'être isolé, descendait le long du mur du bâtiment jusqu'au sol, où il s'enfonçait assez profondément. Le premier fil, comme on voit, était le paratonnerre; le second, le conducteur. Eh bien, en temps d'orage, de vives étincelles, je pourrais dire des éclairs de la première espèce, jaillissaient sans cesse entre les fils isolés supérieurs et les fils inférieurs non isolés. L'œil et l'oreille suffisaient à peine à saisir les intermittences : l'œil n'apercevait aucune interruption dans la lumière, l'oreille entendait un bruit à peu près continu.

« Aucun physicien ne me démentira, quand je dirai que chaque étincelle prise isolément eût été douloureuse; que la réunion de dix aurait suffi pour engourdir le bras; que cent eussent peut-être constitué un coup foudroyant. Cent étincelles se manifestaient en moins de dix secondes ; ainsi, chaque dix secondes, il passait d'un fil au fil correspondant une quantité de matière fulminante capable de tuer un homme ; en une minute six fois autant ; en une heure soixante fois plus qu'en une minute. Par heure, chaque tige métallique du palais de Valentino arrachait donc aux nuées, en temps d'orage, une quantité de matière fulminante capable de tuer 360 hommes. Il y avait deux de ces tiges : le chiffre 360 doit donc être doublé ; nous voilà déjà au nombre 720. Mais le Valentino se composait de sept toits pyramidaux, recouverts de feuilles de métal communiquant avec des gouttières également métalliques qui s'enfonçaient dans la terre. Les sommets de ces pyramides étaient pointus ; ils s'élevaient plus dans les airs que les extrémités des deux lignes sur lesquelles Beccaria opérait. Tout autorise donc à supposer que chaque pyramide soutirait aux nuages autant de matière au moins que les minces tiges en question. 7, multiplié par 360, donne 2520 ; et si l'on ajoute les 720 des deux tiges, on trouve 3240. En cavant tout au plus

Dans tous les faits qui précèdent, il n'a été question que d'édifices et de maisons préservés du feu du ciel par l'appareil de Franklin. Donnons maintenant les preuves que les navires en mer peuvent être mis, par le même moyen, à l'abri de ce redoutable météore.

En 1780, le physicien Delor montrait à Paris, comme objet de curiosité, une portion du conducteur du paratonnerre d'un vaisseau anglais, formé d'une pointe de fer doré qui communiquait avec une chaîne de tringles de fer descendant jusque dans la mer. Dans la réunion de ces tringles, il existait par hasard une petite interruption de trois à quatre lignes. Ce vaisseau ayant été surpris, dans sa route, par un orage considérable, tout l'équipage put observer pendant trois heures l'écoulement du feu électrique dans la portion interrompue du conducteur.

Le naturaliste Forster, dans son voyage autour du monde, eut l'occasion de reconnaître l'efficacité des paratonnerres sur les navires. Les îles de la mer du Sud sont exposées à de violents orages qui éclatent en toute saison. Pendant que Forster naviguait dans ces parages, il faisait souvent attacher les chaînes du conducteur du paratonnerre pour prévenir les effets de la foudre. Le bâtiment se trouvant un jour dans l'île d'Otahiti, on envoya un matelot attacher cette chaîne au grand mât. Cet homme eut à peine rempli son office, qu'un autre matelot, qui nettoyait la chaîne avant de la fixer près des haubans, reçut une secousse électrique, et l'on vit le feu du ciel descendre le long de ce conducteur, sans occasionner le moindre accident.

Voilà sans nul doute un témoignage décisif de l'efficacité

bas, en supposant que le Valentino agissait par ses pointes, que le reste du bâtiment était absolument sans action, nous n'en trouverons pas moins, pour ce seul édifice, que la quantité de matière enlevée à l'orage dans le court espace d'une heure eût suffi pour tuer plus de trois mille hommes. »

(Arago, *Notices scientifiques*, t. I, p. 338-340.)

des paratonnerres sur les navires. La foudre est transmise par la chaîne conductrice ; on la voit descendre du ciel dans la mer : elle avertit de sa présence, par une secousse électrique, le matelot qui allait fixer le conducteur, et aucun accident n'arrive ; si la chaîne n'eût pas été placée à temps le long du mât, le vaisseau eût été foudroyé.

Le capitaine Cook a rapporté une autre observation qui est tout aussi décisive sous ce rapport :

« Nous éprouvâmes, sur les neuf heures, dit le célèbre navigateur dans le récit de l'un de ses voyages autour du monde, une horrible tempête, accompagnée d'éclairs et de pluie, pendant laquelle un navire hollandais, dit *l'Indien occidental*, eut son grand mât brisé et emporté de dessus le tillac ; le grand perroquet et le grand hunier furent mis en pièces. Il y avait une espèce de dard en fuseau de fer au sommet du grand perroquet, qui dirigea probablement le coup ; ce vaisseau n'était éloigné des nôtres que de la portée de deux câbles, et il y a toute apparence que nous aurions subi le même sort, sans une chaîne électrique que nous avions attachée au haut de nos vaisseaux, et qui conduisit la foudre sur les côtés. Mais quoique nous ayons échappé au ravage de la foudre, nous éprouvâmes une explosion semblable à un tremblement de terre, et la chaîne parut en même temps comme une traînée de feu. La sentinelle, occupée à la charger, éprouva une secousse qui lui fit tomber son mousquet d'entre les mains, et brisa même la baguette. Je ne peux donc trop recommander de pareilles chaînes pour chaque vaisseau ; quelle que soit sa destination, j'espère que le malheureux destin du Hollandais servira, à ceux qui liront cette relation, d'avertissement pour ces pointes de fer qu'on fixe au haut du mât. »

On a fait remarquer judicieusement, à propos de ce récit du capitaine Cook, que le conducteur de son navire n'ayant qu'un sixième de pouce de diamètre, était trop mince pour cet objet ; car il aurait dû, pour jouir de toute son efficacité, présenter au moins un pouce d'épaisseur. Il paraît aussi que la pointe qui appartenait originairement à la chaîne

conductrice avait été volée, et que celle qui fut atteinte par la foudre était d'un travail inférieur et moins aiguë. Sans ce double défaut d'une pointe obtuse et d'une chaîne trop mince, le coup de foudre aurait été entièrement prévenu.

Au mois de juin 1813, dans le port de la Jamaïque, le vaisseau *le Norge* et un navire marchand furent atteints par la foudre et gravement endommagés ; ils n'étaient munis ni l'un ni l'autre de paratonnerres. Les autres bâtiments, en très-grand nombre, qui remplissaient le port, furent respectés ; ils étaient tous munis de leurs paratonnerres.

En janvier 1814, la foudre tomba dans le port de Plymouth. Le vaisseau *Milleford* fut le seul frappé et endommagé. Il était aussi le seul qui, dans ce moment, ne se trouvât point muni de son paratonnerre.

Trois coups de foudre frappèrent, en janvier 1830, dans le canal de Corfou, le paratonnerre du vaisseau anglais *l'Etna,* sans lui causer le moindre dommage. Le *Madagascar* et le *Mosqueto,* vaisseaux sans paratonnerres, placés non loin de l'*Etna*, furent atteints et fort maltraités par ce météore.

Après des faits si nombreux, et dont on pourrait étendre presque indéfiniment la liste, le lecteur demeurera suffisamment convaincu de l'efficacité des paratonnerres, et trouvera sans doute bien justifié l'hommage que la poésie a rendu à cette belle découverte scientifique, quand elle a dit, par l'organe de l'auteur des *Mois,* en parlant de la tige électrique :

Et par elle, à nos pieds, conduit sans violence,
Le tonnerre captif vient mourir en silence.

CHAPITRE X

Principes et règles pour la construction des paratonnerres. — Instruction de Gay-Lussac adoptée et publiée par l'Académie des sciences de Paris en 1823. — Nouvelles instructions publiées en 1824.

Guyton de Morveau et Maret, dans un rapport fait à l'Académie des sciences de Dijon en 1784, avaient essayé de formuler quelques principes relatifs à la construction des paratonnerres. Charles et Leroy donnèrent ensuite plus de précision à ces règles.

En 1823, la foudre avait occasionné de grands ravages en France. A cette occasion, le ministre de l'intérieur demanda à l'Académie des sciences de Paris de rédiger une *Instruction pratique* qui pût servir de guide aux constructeurs et ouvriers pour l'établissement des paratonnerres que l'on se disposait à élever dans la plupart des communes. Chargé de ce travail, Gay-Lussac composa un écrit qui peut être considéré comme un modèle, par la netteté des vues théoriques et la simplicité des indications pratiques. Le rapport de Gay-Lussac fut distribué avec une profusion extrême et largement répandu par tous les moyens de publicité. L'étranger, aussi bien que la France, profita de ce document, qui devint une sorte de manuel populaire, où, pendant trente ans, on a puisé les notions simples et précises dont on avait besoin pour construire et installer cet appareil protecteur.

Cependant un travail scientifique, qui remontait à l'année 1823, avait besoin à notre époque d'être soumis à une révision attentive. Sans doute, tout ce qu'a écrit Gay-Lussac en 1823, sur la manière d'établir un paratonnerre, demeure encore aujourd'hui exact et vrai. Mais les modifications qui ont été apportées depuis au système et aux matériaux de nos

constructions, ont placé les édifices dans des conditions toutes nouvelles par rapport à l'électricité atmosphérique. Dans les édifices d'autrefois, l'emploi des métaux, particulièrement du fer et du zinc, était restreint presque exclusivement au faîtage, aux gouttières, aux tirants de consolidation. Dans les constructions modernes, au contraire, le métal prédomine de plus en plus. Dans les bâtiments d'aujourd'hui, on trouve partout du fer, de la fonte ou du zinc, que l'on emploie en grandes masses et sur de grandes superficies : couvertures de métal, charpentes de métal, poutres de métal, croisées de métal, colonnes de métal, et quelquefois même murailles de métal. Sur des édifices ainsi composés la foudre a nécessairement plus de prise que sur les anciennes maisons qui n'admettaient que de la pierre et du bois. Les nuages orageux peuvent décomposer, par influence, des quantités d'électricité décuples ou centuples de celles qu'ils auraient décomposées avec des corps moins bons conducteurs, comme l'ardoise ou la brique, le bois, la pierre, le plâtre, le mortier et tous les anciens matériaux des édifices. Ainsi ce nouveau système de construction réalise, sur une immense échelle, ce que l'on reprochait à la fin du dernier siècle aux paratonnerres : il attire la foudre.

Le palais de l'Industrie, qui fut bâti aux Champs-Élysées en 1854 pour recevoir les produits de l'Exposition universelle, était, comme tous les édifices modernes, abondamment pourvu de pièces de construction métalliques. Sur l'étendue de trois hectares qu'il occupait, on avait élevé un édifice de 40 mètres de hauteur, où il entrait, depuis la base jusqu'au sommet, des masses énormes de fer, de fonte et de zinc. La compagnie qui avait entrepris d'élever ce vaste monument, consulta l'Académie des sciences sur les meilleures dispositions à donner aux paratonnerres qui seraient destinés à le protéger. La section de physique de l'Académie fut alors chargée de reviser l'instruction de Gay-Lussac pour la mettre

en harmonie avec les besoins nouveaux. Rapporteur de cette section, M. Pouillet a composé un *Supplément à l'instruction de Gay-Lussac*, qui renferme plusieurs vues nouvelles assez importantes à connaître. L'Académie des sciences a revêtu ce travail de son approbation, comme elle avait approuvé celui de Gay-Lussac. C'est en prenant pour base ces deux documents que nous allons exposer les principes et les règles qui doivent présider à la construction du paratonnerre, quand on veut donner à cet instrument toute son efficacité.

Un paratonnerre se compose d'une tige métallique pointue élevée dans l'air, et d'un conducteur métallique. Ce dernier descend de l'extrémité inférieure de la tige pour aboutir en un endroit du sol occupé par une masse d'eau courante ou communiquant avec une rivière ou un fort ruisseau.

Les conditions nécessaires pour que les paratonnerres produisent tout leur effet sont :

1° Que la pointe de la tige soit suffisamment aiguë, et cependant assez résistante pour n'être pas fondue par un coup de foudre ;

2° Que le conducteur communique parfaitement avec le sol ;

3° Que, depuis la pointe jusqu'à l'extrémité inférieure du conducteur, il n'existe aucune solution de continuité ;

4° Que toutes les parties de l'appareil aient des dimensions convenables.

Si ces conditions ne sont pas exactement remplies, le paratonnerre, au lieu de préserver un édifice, pourrait y occasionner des accidents graves.

Si sa pointe était trop émoussée, et s'il existait dans la longueur du conducteur une solution de continuité, l'électricité s'accumulerait dans la tige du paratonnerre par l'influence des nuages orageux, et l'appareil se trouverait ainsi transformé en un corps conducteur chargé d'une grande

masse d'électricité et isolé en partie. Il constituerait donc un véritable réservoir d'une quantité considérable d'électricité, laquelle, se déchargeant presque inévitablement sur les corps voisins produirait tous les effets d'une forte décharge électrique.

Un paratonnerre qui présente ce double défaut dans la continuité du conducteur et dans sa communication avec le sol, est toujours extrêmement dangereux, même dans le cas où il n'est pas frappé par la foudre. L'influence de l'électricité atmosphérique suffit, en effet, pour y concentrer une grande quantité de fluide qui tend à se décharger latéralement sur tous les corps voisins. L'étincelle électrique, qui part alors de la tige métallique imparfaitement isolée, peut frapper ces corps ou les enflammer. C'est par un effet de ce genre que périt, ainsi que nous l'avons raconté, le professeur Richmann.

Voyons maintenant à quelles règles de construction il faut se conformer pour qu'un paratonnerre remplisse les conditions énumérées plus haut, pour qu'il jouisse de toute son efficacité protectrice.

La tige d'un bon paratonnerre a 9 mètres de longueur; elle se compose habituellement de trois pièces ajoutées bout à bout, savoir : une barre de fer de $8^m,60$; — une baguette de laiton de $0^m,60$; — une aiguille de platine de $0^m,05$. L'emploi du platine dans cette aiguille terminale a pour but d'éviter l'oxydation. Si l'on faisait simplement usage, pour former cette pointe, d'une tige de fer amincie, l'oxydation s'en emparerait promptement, et comme les oxydes métalliques sont de très-mauvais conducteurs de l'électricité, la conductibilité de la tige serait détruite en ce point, et par conséquent tout l'effet du paratonnerre serait manqué.

L'ensemble de ces trois tiges, liées entre elles, forme un cône ou une pyramide, qui s'amincit régulièrement jusqu'au sommet, et dont la base a 5 centimètres de diamètre.

L'aiguille de platine est fixée à la baguette de laiton avec de la soudure d'argent, et l'on entoure le point de cette jonction d'un petit manchon de cuivre.

Le conducteur est une barre de fer, à section carrée, de 15 à 20 millimètres de côté, formée par la réunion, bout à bout, d'un nombre suffisant de ces barres métalliques. Il faut apporter le plus grand soin dans le raccord de ces différentes barres métalliques, et éviter toute solution de continuité entre elles. S'il existait, en effet, une seule solution de continuité dans la longueur du conducteur, l'édifice serait exposé, comme nous l'avons indiqué plus haut, à recevoir une décharge électrique.

L'instruction de Gay-Lussac, en 1823, prescrivait de raccorder les différentes parties du conducteur au moyen de boulons à vis. Dans l'instruction supplémentaire de 1855, on a prescrit avec raison, pour mieux assurer la continuité métallique, d'entourer chaque point de jonction d'un bourrele de soudure à l'étain. Les parties métalliques en contact sont de cette manière soustraites à l'action oxydante de l'air, et les solutions de continuité deviennent moins à craindre. Pour maintenir le conducteur en place, tant sur les toits que le long des murs, on se sert de supports de fer, terminés par deux dents en forme de fourchette, entre lesquelles la tige du conducteur est fixée à l'aide d'une clavette.

Pour que la dissémination de l'électricité atmosphérique dans la masse du sol soit prompte et facile, il faut, avons-nous dit, que la partie inférieure du conducteur soit mise en communication avec un cours d'eau souterrain d'un certaine importance. Le but de cette disposition n'est pas, comme le pense le vulgaire, de conduire le feu du ciel dans une masse d'eau pour l'y éteindre, comme on éteint le feu d'un incendie. La tige d'un paratonnerre doit être mise en communication constante avec une masse d'eau, non pas stagnante comme celle d'une citerne, mais ayant un cours libre comme celle

d'une rivière ou d'un puits, afin que par sa communication facile avec la source d'où elle provient, ou le courant vers lequel elle se dirige, cette eau puisse porter et disséminer promptement dans la masse du sol l'électricité enlevée à l'atmosphère.

Pour amener le conducteur, de la base inférieure du mur de l'édifice jusqu'à la rivière ou au puits auquel il doit aboutir, on le fait passer au milieu d'une espèce de canal à section carrée, construit en briques et rempli de braise de boulanger. Ce charbon interposé défend le conducteur du contact oxydant de l'air. En même temps, comme la braise de boulanger, c'est-à-dire le charbon longtemps calciné, est un des meilleurs conducteurs électriques que l'on connaisse, l'écoulement du fluide est beaucoup facilité.

Au lieu de faire plonger simplement l'extrémité du conducteur dans l'eau du puits, il est avantageux de le terminer par une large plaque de cuivre qui, présentant plus de surface, donne un plus large écoulement au fluide électrique.

S'il n'existe pas de nappe d'eau dans les couches inférieures du sol, si l'on n'est à portée ni d'un puits ni d'une rivière, il faut prolonger la tranchée d'écoulement jusque dans un terrain humide. Enfin, si cette dernière condition elle-même ne se rencontre pas, il faut ramifier le conducteur principal. Pour cela, on soude à droite et à gauche des branches de fer additionnelles, et l'on place chaque nouvelle branche dans une tranchée séparée, construite comme la tranchée du milieu. Les conducteurs latéraux font, en quelque sorte, l'office de veines que l'artère centrale doit alimenter.

En raison de la rigidité des barres de fer, il est souvent difficile de faire suivre au conducteur tous les contours des bâtiments. Pour échapper à cette difficulté, on a eu l'idée de remplacer les barres de fer par de véritables cordes métalliques. Dans ce cas, le mieux est de diviser la corde en torons

indépendants, formés chacun par la réunion de quinze à vingt fils de cuivre. On goudronne chaque toron séparément, puis on les réunit tous ensemble pour en former une corde unique. Lorsqu'on emploie des cordes métalliques de préférence aux barreaux de fer, on ne saurait donner trop d'attention à l'attache des torons sur la base du paratonnerre. C'est ici qu'outre les boulons, l'emploi des bourrelets de soudure est indispensable. En effet, si un ou deux torons venaient à se séparer de la tige, l'électricité, ne trouvant plus dans les autres une suffisante issue, briserait le conducteur en mille morceaux, et l'intérieur de l'édifice pourrait bien être foudroyé.

Les modifications les plus dignes d'être notées que l'instruction de M. Pouillet a apportées à celle de Gay-Lussac, se réduisent à quatre points principaux : 1° la manière d'établir la conductibilité métallique ; 2° la dimension en largeur à donner aux conducteurs ; 3° les dimensions de la pointe ; 4° la substitution du cuivre au platine pour former la pointe du paratonnerre.

En ce qui concerne la continuité métallique du conducteur, M. Pouillet n'admet de continuité assurée que celle qui existe entre des métaux soudés. Il est en outre important, selon lui, de ne pas multiplier inutilement les soudures. M. Pouillet a donc posé les deux règles suivantes :

Diminuer le plus possible le nombre des joints sur la longueur entière du paratonnerre, depuis la pointe jusqu'au sol ;

Souder à l'étain tous ceux de ces joints que la forme des pièces oblige à faire sur place. Ces soudures à l'étain, qui devront toujours occuper des surfaces d'au moins 10 centimètres carrés, seront en outre consolidées par des vis, des boulons ou des manchons.

Une troisième règle, à laquelle M. Pouillet attache aussi de l'importance, est de ne pas effiler autant qu'on le fait en

général le sommet de la tige du paratonnerre. Voici la raison de ce changement. Un paratonnerre est destiné à agir de deux manières différentes. Le plus souvent, le nuage qui porte la foudre s'avance progressivement, des actions électriques se produisent peu à peu, et en vertu du pouvoir des pointes la neutralisation s'opère lentement et en silence. Mais aussi il peut arriver que le nuage se trouve presque instantanément en présence du paratonnerre, et alors il est nécessaire qu'il soit muni d'une pointe plus solide et capable de résister à la fusion qu'un afflux considérable de fluide électrique ne manquerait pas d'opérer. C'est pour éviter cet accident, qui n'est pas sans exemple, que M. Pouillet conseille de renforcer l'extrémité de platine en augmentant l'angle d'ouverture du cône qui forme la pointe.

Mais nous devons faire observer que tous les physiciens n'ont pas goûté cette dernière idée.

En proposant de substituer le cuivre au platine pour former la pointe du paratonnerre, M. Pouillet se fonde sur la meilleure conductibilité du cuivre pour l'électricité et la chaleur. Le cuivre est rangé, avec l'or et l'argent, parmi les meilleurs conducteurs de la chaleur et de l'électricité. Une pointe de cuivre, sous l'influence d'un courant électrique ou d'un coup de foudre, s'échauffera donc beaucoup moins qu'une pointe de platine, et ne pourra, presque dans aucun cas, entrer en fusion. La dépense moindre, la facilité de construire en tous lieux et par les ouvriers ordinaires de toutes les localités cette partie de l'appareil, a paru à M. Pouillet une autre raison de préférer le cuivre au platine.

Examinons maintenant un point dont nous n'avons rien dit encore : c'est le nombre des paratonnerres à établir sur un édifice de dimensions données, en d'autres termes, la question de savoir quelle est la surface de toit que peut protéger une seule tige de paratonnerre.

On admettait, à la fin du siècle dernier, que le cercle de

protection d'un paratonnerre avait pour rayon le double de la hauteur de sa tige, c'est-à-dire qu'un paratonnerre de 10 mètres de hauteur, par exemple, étendait son influence sur un cercle dont le rayon a 20 mètres, et par conséquent la circonférence environ 125 mètres. Cette règle avait été posée par le physicien Charles, parce qu'il avait eu plus d'une fois l'occasion de remarquer que la foudre avait frappé des points situés à une distance du paratonnerre double de la longueur de sa tige. L'instruction de Gay-Lussac, en 1823, donna à cette règle une consécration officielle. Elle est pourtant loin d'être certaine, et il ne faudrait pas lui accorder plus de confiance qu'elle n'en mérite. L'étendue de la surface protégée par un paratonnerre dépend d'une foule de circonstances qu'il n'est pas toujours facile d'apprécier. Elle dépend d'abord de la hauteur de l'édifice par rapport aux constructions environnantes. Elle varie encore selon la nature des matériaux qui entrent dans la construction de l'édifice. Il n'est pas douteux, par exemple, que la surface protégée par un paratonnerre ne soit moindre, quand l'édifice a une couverture de zinc, que lorsque son toit est formé de tuiles ou d'ardoises. Sur un bâtiment à couverture de métal, il faudrait donc rapprocher davantage les paratonnerres. Au palais de l'Industrie, il existait une distance d'environ 40 mètres entre ceux qui correspondaient à la galerie centrale et ceux de la galerie rectangulaire. Les tiges de ces instruments ayant 7 mètres de hauteur, on voit que l'on ne s'était pas conformé, dans cette circonstance, à la règle posée par le physicien Charles; pour s'y astreindre, il aurait fallu placer une tige de paratonnerre à la distance de 28 mètres. On voit donc que la règle dont nous parlons, posée d'une manière assez arbitraire, peut être restreinte ou étendue selon les circonstances, et qu'il faut surtout considérer ici la nature des matériaux de l'édifice et son élévation au-dessus des constructions environnantes.

Après ces indications générales relatives à l'établissement des paratonnerres, passons aux précautions que leur construction exige dans chaque cas particulier.

Églises. — Sur le clocher d'une église, la tige du paratonnerre doit s'élever de 5 à 8 mètres, selon l'étendue de la plate-forme du clocher; une hauteur de 8 mètres suffit pour les plus larges tours, et de 2 mètres pour les plus petites. Si l'église est couronnée par un dôme, ou si elle est surmontée d'une tour, d'un clocher, c'est au sommet de ces parties de l'édifice qu'il faut placer la tige de l'instrument. Comme il est souvent difficile d'élever à la pointe d'un clocher une tige de fer de 5 à 8 mètres, on a coutume d'employer des tiges plus courtes. Quelquefois même, si le clocher se termine par une croix de fer, on supprime la tige, en plaçant l'aiguille de platine sur la branche verticale de la croix, et l'on fait communiquer le conducteur avec le pied de cette croix. Cette dernière fait alors l'office de tige, ce qui n'a point d'inconvénient, en raison de la grande hauteur de l'édifice par rapport aux constructions qui l'environnent.

Magasins a poudre. — On a jugé qu'il serait imprudent de faire passer le conducteur dans l'intérieur d'un bâtiment servant à emmagasiner la poudre. Une solution de continuité dans ce conducteur, accident dont on ne peut toujours répondre, suffit pour donner des étincelles électriques entre les bouts disjoints du conducteur, et une étincelle, si faible qu'elle soit, pourrait enflammer le pulvérin qui flotte si souvent dans l'intérieur d'un magasin à poudre. C'est donc à l'extérieur de ces bâtiments que l'on place les paratonnerres, au moyen d'un mât qui en est éloigné de 1 à 2 mètres. Il est bon, dans ce cas particulier, d'aller au delà des précautions habituelles et de multiplier le nombre des paratonnerres.

Monuments dans la construction desquels il entre de grandes masses de métal. — Lorsque de grandes quantités

de pièces métalliques sont entrées dans la construction d'un édifice, quand le fer, le zinc ou la fonte ont été largement employés pour les toitures, les charpentes, le tablier des plafonds, les tirants de consolidation, etc., il faut mettre toutes ces masses en communication avec le conducteur du paratonnerre. Pour établir ces communications, des barres de fer de 8 millimètres de section suffisent amplement. Si le monument occupe une grande étendue, et qu'on doive le munir de plusieurs paratonnerres, il faut de plus faire communiquer tous les paratonnerres entre eux. En un mot, il faut rendre toutes les parties métalliques de l'édifice solidaires les unes des autres. Il est bon, enfin, d'employer des conducteurs d'une très-large section, afin que l'électricité trouve toujours et partout un écoulement prompt et facile.

Vaisseaux. — Le cuivre rouge a une grande supériorité sur le fer et le laiton, dont on fait trop souvent usage pour composer le câble qui forme le conducteur du paratonnerre; il est moins altérable sous l'influence des agents atmosphériques, et surtout comme il conduit trois fois plus facilement l'électricité que le fer, il peut être employé avec une section trois fois plus petite qu'un conducteur de fer. Dans le rapport de M. Pouillet, on conseille donc l'emploi exclusif des câbles de cuivre pour former les chaînes conductrices des paratonnerres de navires. Ils devront avoir 1 centimètre carré de section métallique. Les fils qui composent les torons auront de 1 millimètre à 1^{mm}, 5.

La tige du paratonnerre peut n'avoir que quelques décimètres de longueur, y compris la pointe. L'important, c'est que la jonction avec le câble soit faite, dans l'atelier, à la soudure d'étain. A son extrémité inférieure, le câble sera ajusté d'une manière analogue dans une pièce de cuivre qui sera en communication permanente avec le doublage du navire. L'habitude de jeter la chaîne à la mer au moment de

l'orage est dangereuse : 1° en ce qu'on peut oublier de le faire; 2° en ce que le plus souvent il ne suffit pas que la chaîne communique à l'eau de la mer, par une surface de 2 à 3 décimètres, pour que l'électricité s'écoule avec toute la rapidité nécessaire.

En Angleterre, on suit un procédé bien supérieur. On incruste, une fois pour toutes, dans des rigoles ou rainures creusées suivant la longueur et dans l'épaisseur des mâts, de fortes bandes de cuivre. La partie inférieure de ces bandes, qui forment le conducteur, vient se souder à une plaque de cuivre fixée sur la carlingue. De là, le conducteur est en communication avec l'eau de la mer, au moyen de trois boulons de cuivre qui traversent la quille. De cette manière, les conducteurs font corps avec les mâts; le navire entier, depuis la pointe jusqu'à la doublure métallique extérieure, est constitué dans un état parfait de conductibilité, comme si toute sa masse était de métal, et indépendamment de toute intervention de l'équipage.

Dans l'instruction de M. Pouillet, on n'a pas cru devoir mentionner l'ensemble de ces dispositions, ni les recommander pour l'usage de la marine française. Une longue expérience a prouvé pourtant l'efficacité de ce système. Quelques détails sur le genre de paratonnerres employés aujourd'hui par toute la marine britannique ne seront pas ici hors de propos.

C'est lord William Napier qui attira le premier l'attention de l'amirauté britannique sur l'imperfection des paratonnerres employés à cette époque par la marine des deux mondes. Il avait été déjà témoin en plusieurs occasions d'accidents arrivés en mer à ces conducteurs électriques, lorsque, au mois de juillet 1811, il en eut sur son vaisseau un nouvel et terrible exemple. Il venait de quitter Toulon à bord du *Kent,* navire de 74 canons, lorsque son grand mât et son mât d'artimon furent littéralement déchirés par la

foudre, depuis leurs pommes de girouettes jusque sur le pont. Le fluide tua un matelot et en blessa trois ou quatre autres qui se trouvaient sur une vergue. Dans une autre circonstance, à Port-Mahon, il vit quinze de ses matelots tués par un coup de foudre. C'est en raison de ces malheurs que lord Napier, trouvant vicieux le système qui consistait à placer un seul paratonnerre sur chaque navire, demandait que chaque mât fût pourvu de cet instrument.

« Cet appareil, disait en 1803 le célèbre amiral, en parlant du conducteur de chaîne, est ordinairement attaché à la cime du grand perroquet, comme étant le plus élevé du navire ; mais il ne s'ensuit pas que la foudre doive précisément frapper là, et j'ai vu, souvenir déplorable, quinze matelots excellents, épars sur le beaupré, tués ou brûlés en un clin d'œil. Quelques-uns furent précipités dans l'eau ; d'autres, couchés morts en travers des antennes, demeurèrent dans la posture qu'ils avaient avant l'accident. Ceci eut lieu à Port-Mahon, sur un navire de soixante-quatorze, tandis que l'équipage ferlant les voiles était dispersé sur toutes les vergues. On ne saurait dire si le conducteur était alors en place ou non ; mais en supposant que l'on puisse compter, à quelques égards, sur une pareille machine, il me paraît très-probable qu'une seule ne suffit pas pour un navire.

« Un conducteur placé selon l'usage, savoir à la cime du grand perroquet, peut être envisagé comme un agent plus puissant que le mât lui-même, mais il n'est jamais calculé positivement de manière à pouvoir absorber toute la portion de fluide électrique qui se trouve en contact avec d'autres pointes rivales, et bien que les mâts soient presque toujours les premiers à recevoir la décharge, je sais des cas où plusieurs hommes, occupés à retirer leur linge mis à sécher sur la grande manœuvre, furent tués et brûlés par le fluide électrique. »

Un physicien anglais, M. Singer, exposait les mêmes vues dans un livre publié en 1814 (1). L'auteur affirme, d'après

(1) *Elements of Electricity* by G. J. Singer, ch. I, p. 226. M. Thilaye a donné une traduction de cet ouvrage, augmentée de notes : *Éléments d'électricité et de galvanisme*, par Singer. Paris, 1817.

le témoignage de différents capitaines, que les conducteurs mobiles faits de fil de cuivre sont généralement regardés comme de peu d'utilité.

« On les laisse, dit-il, empaquetés dans un coin du navire, durant les voyages les plus longs et les plus hasardeux ; ils s'attachent aisément, il est vrai, mais ils se détachent de même. Pour cette raison et pour bien d'autres, il vaudrait mieux employer des conducteurs fixes ; on pourrait les accrocher au mât, et pour qu'ils gênassent moins les manœuvres, on pratiquerait, dans le milieu de leur tige inflexible, une séparation qui pourrait au besoin donner place à une partie souple composée de fils de fer en spirale. »

Un autre physicien anglais, M. Harris, satisfit plus complétement à ces conditions en imaginant un système nouveau qui est aujourd'hui universellement adopté dans la Grande-Bretagne. Sa méthode consiste à faire des mâts eux-mêmes autant de paratonnerres, en y fixant une double couche de plaques de cuivre qui produisent une surface continue de métal. Comme nous l'avons dit plus haut, ces plaques sont réunies entre elles par des bandes de cuivre passant sous les poutres du tillac, et avec les larges boulons de la quille, c'est-à-dire avec les principales masses métalliques qui entrent dans la coque du navire.

En 1830, trente navires de la marine britannique furent armés des paratonnerres de M. Harris, c'est-à-dire de mâts conducteurs. On les choisit parmi ceux qui stationnaient dans les climats les plus divers, sur la Méditerranée, au cap de Bonne-Espérance, dans les Indes orientales, dans les deux Amériques, etc. Ils furent, pendant plusieurs années, exposés aux plus terribles tempêtes, et quoique frappés à plusieurs reprises par le tonnerre, on n'a pas d'exemple qu'ils aient subi, de 1830 à 1842, un dommage notable. L'un d'eux, la frégate *Dryad*, en quittant les côtes d'Afrique, vers 1830, fut frappé de la foudre pendant un ouragan. La

décharge électrique tomba sur le mât de misaine et le mât de maître, avec un sifflement terrible, et le navire parut un instant enveloppé de flammes. Mais aucun autre accident ne suivit. Dans plusieurs autres cas semblables, l'explosion électrique fut tournée vers la mer par les conducteurs de M. Harris. Durant la même période où ces trente navires étaient ainsi préservés, quarante environ qui n'avaient point adopté le nouveau mode de protection furent frappés et endommagés gravement.

En 1842, l'amirauté britannique adopta définitivement, et après des expériences longuement poursuivies, le système de ces mâts conducteurs. Il est aujourd'hui le seul employé en Angleterre. Les pièces dont il sè compose se fabriquent rapidement et à peu de frais dans les ateliers de l'État, et depuis son adoption générale, il n'existe peut-être pas d'exemple d'un navire anglais ayant sérieusement souffert d'un coup de foudre en mer. Ce système est bien préférable à celui qui est adopté dans la marine française, et qui consiste essentiellement dans l'emploi d'une chaîne conductrice attachée le long du mât. Nous croyons que l'adoption du système anglais, à bord de nos vaisseaux, présenterait les plus grands avantages. Aussi est-il regrettable que, dans le rapport de M. Pouillet, on n'ait pas même songé à en faire mention.

Paratonnerres portatifs. — Nous pourrions ajouter, pour terminer le sujet qui vient de nous occuper, qu'il a été question, au siècle dernier, de *paratonnerres portatifs* à l'usage des individus. C'est un des traducteurs de Franklin, Barbeu Dubourg, qui en fit la proposition. Voici la description abrégée de ce paratonnerre individuel, qui ne différait d'un parasol que par divers accessoires qu'on y ajoutait :

« Le corps du parasol, dit Barbeu Dubourg, se compose : 1° d'une surface de soie bombée, mais ayant une de ses coutures recouverte en dehors d'une petite tresse d'argent ;

2° d'un manche de bois léger et long d'environ deux pieds; 3° d'une tringle de fer d'un demi-pouce de diamètre, et de huit à dix pouces de long, placée en dessus vis-à-vis du manche, et terminée supérieurement par un écrou; 4° d'un anneau, de baguettes et d'un ressort particulièrement situés en dessous : cet anneau, glissant sur la tringle, sert à plier et à déplier les baleines; 5° de neuf ou dix baleines, chacune de deux pièces, arc-boutées à l'ordinaire, mais placées au-dessus du taffetas; l'une de ces baleines, attenante à la tresse d'argent, est armée d'un bout de cuivre terminé par un écrou. Les accessoires sont : 1° une verge de cuivre mince, longue d'un pied, terminée supérieurement par une pointe fine, et inférieurement par une vis qui s'adapte aisément, quand on veut, à l'écrou de tringle; 2° un gros fil de laiton, d'un pied et demi de largeur, finissant par une petite vis qui au besoin se met dans l'écrou du bout de cuivre dont nous avons parlé; 3° un cordonnet d'argent pendant au bout inférieur de ce fil de laiton, et terminé par une petite houppe de frange qui traîne à terre. »

Telle est la description donnée par Barbeu-Dubourg de son paratonnerre portatif. Le Père Paulian, dans son ouvrage imprimé à Nîmes en 1790, la *Physique à la portée de tout le monde*, donne la description d'un autre paratonnerre portatif, en forme de parasol, et peu différent de celui de Barbeu-Dubourg.

Mais nous devons dire qu'il n'existe point, dans un sens absolu, de corps non conducteur de l'électricité, et que la foudre frappe, traverse, réduit en poussière les corps réputés les plus mauvais conducteurs du fluide électrique, tels que le verre, les résines, le soufre, etc. Il est donc certain que ces appareils seraient restés sans efficacité pour préserver un homme de la foudre. Malgré son insuccès, cette tentative devait être signalée dans la notice historique que nous venons de tracer.

LA PILE DE VOLTA

Nous sommes dans la ville de Cosme, en Milanais, pendant les premiers jours de l'année 1800, tout à fait à l'aurore du grand siècle des sciences physiques. Si nous entrons dans le cabinet d'un physicien retiré dans cette ville, à la fin d'une longue et glorieuse carrière universitaire, nous y apercevrons un homme déjà âgé, qu'entoure tout un étrange attirail. Des pièces d'argent monnayé, des rondelles ou palets de zinc et de cuivre, sont épars autour de lui. Sur sa table, se dressent trois baguettes de bois, entre lesquelles il vient de superposer avec le plus grand soin, et toujours dans le même ordre, un palet de cuivre, un palet de zinc, une rondelle de drap mouillé ; puis encore, et toujours dans le même ordre, un palet de cuivre, un palet de zinc, une rondelle de drap mouillé. Tout cet ensemble forme un entassement, une *pile*, composée d'une série de disques de cuivre et de zinc, chacun de ces couples se trouvant constamment et uniformément séparé de l'autre par un disque de drap humecté. L'œil fixé sur ce singulier assemblage, notre savant paraît en proie aux plus vives préoccupations : on dirait qu'il entrevoit par la pensée tout un monde de vérités ignorées et sublimes. Près de lui est un écrit qu'il s'apprête à relire, c'est une longue lettre portant pour suscription : *A sir Joseph Banks, président de la Société royale de Londres.*

Que signifie cet arrangement singulier, cet instrument bizarre dont rien ne peut encore nous faire comprendre le

but? Le vieux savant est-il tombé en enfance ou en manie? Mais suspendons toute interprétation injurieuse : cet homme est Alexandre Volta; cet appareil c'est la *pile*, nom que l'inventeur lui donne, pour ne rien préjuger de ses effets et rappeler seulement l'ordre qui préside à sa disposition. Ce nom, provisoirement et arbitrairement adopté, restera désormais attaché à cet appareil.

Rien ne peut faire prévoir encore l'importance de cet instrument nouveau. Mais attendez quelque temps, trois mois à peine, et lorsqu'une étude rapide aura permis d'entrevoir ses principaux effets, vous ne tarderez pas à vous convaincre qu'il constitue le plus puissant, le plus merveilleux des appareils qu'ait enfantés la science des hommes.

Un rapide coup d'œil jeté, par avance, sur les principaux effets de la pile de Volta, va nous montrer que rien n'est comparable à la puissance, à la variété, à l'universalité de ses effets.

Réunissez, au moyen d'un fil métallique, les deux extrémités qui terminent cette pile de disques accumulés, et voici les effets variés, autant qu'extraordinaires, que vous obtiendrez à volonté :

Entre ces deux fils rapprochés à une faible distance, on voit jaillir une flamme qui, lorsqu'elle est produite dans des conditions spéciales, efface, par sa prodigieuse intensité, toute lumière artificielle, et qui n'est comparable qu'à l'éclat même du soleil.

Si l'on réunit par un mince fil conducteur les deux pôles de cet instrument, de telle sorte que le fil interposé serve seul à l'écoulement du fluide électrique, on aura entre les mains le plus énergique foyer de chaleur dont les hommes puissent disposer. Par la masse de calorique accumulée en ce point, on met en un instant en fusion, et l'on réduit même à l'état de vapeurs, les métaux les plus réfractaires. Le fer, infusible dans nos feux de forge; le platine, le plus réfrac-

taire des métaux; les corps non métalliques, tels que la silice ou l'alumine, composés absolument infusibles; le diamant même; en un mot, presque toutes les substances sans exception appartenant au règne minéral, sont amenées en un instant à l'état de fusion par ce foyer sans rival.

Quand il circule silencieusement et sans aucune manifestation physique extérieure, dans un conducteur non interrompu, le courant électrique engendré par cet instrument jouit de la vertu, mystérieuse autant qu'étonnante, de développer une force motrice considérable. On peut, à son gré, accroître l'énergie de cette force mécanique, l'employer à soulever de lourds fardeaux, à animer des machines. Différent en cela de tous les moteurs connus, cet agent mécanique se transporte à toutes les distances avec une vitesse incalculable; il peut agir, sans perdre considérablement de son intensité, à mille lieues de son point de départ. Serviteur obéissant et docile, cette force est toujours prête. Rien ne lui fait obstacle pour surmonter les distances; elle franchit les mers, gravit les montagnes, descend les vallées, traverse les cités, et se retrouve, à son point d'arrivée, avec la plus grande partie de son énergie primitive. On peut en un clin d'œil, à la volonté et au commandement de la main, suspendre son action, et dans les intermittences de travail, dans les instants de repos, elle ne dépense, elle ne consomme rien.

Si l'on plonge dans de l'eau deux fils d'or ou de platine attachés aux deux pôles de cet instrument, et que l'on rapproche ces deux fils à une certaine distance, on voit aussitôt l'eau se décomposer et se réduire en ses deux éléments : l'oxygène et l'hydrogène gazeux; l'oxygène se dégage autour du fil aboutissant au pôle zinc, l'hydrogène autour du fil partant du pôle cuivre.

Cette décomposition que l'eau subit sous l'influence du courant voltaïque, tous les autres composés naturels sont susceptibles de l'éprouver également, car la pile de Volta est

le moyen le plus puissant d'analyse que possède la chimie. Sous son influence, les oxydes métalliques sont réduits en leurs éléments ; l'oxygène se dégage au pôle zinc ; le métal se dépose à l'autre pôle. Les composés salins se détruisent aussi par l'incompréhensible action de la même force : l'acide qui entre dans leur composition se porte au pôle zinc ; la base, ou l'oxyde métallique, se rend au pôle cuivre. C'est grâce à la pile voltaïque que les chimistes ont pu être fixés, après des siècles d'infructueux efforts, sur la nature d'une foule de composés. On soumet un jour la potasse à l'action de la pile, et cet alcali est décomposé. Bientôt, tous les oxydes terreux se dédoublent à leur tour en oxygène et en un métal particulier, et la véritable nature des bases alcalines et terreuses est tout à coup dévoilée. Toutes les autres substances chimiques étant soumises successivement à ce puissant moyen d'analyse, des métaux inconnus sont découverts, la liste des corps simples anciennement admise est rectifiée, et le système général de la chimie s'éclaire d'un jour inattendu.

Moyen puissant et sans égal d'analyse chimique, la pile voltaïque peut aussi, délicatement employée, produire l'effet inverse, et par une sorte de contradiction physique dont le sens nous échappe, servir à la synthèse ou à la recomposition des corps. Si l'électricité de la pile peut décomposer l'eau en ses éléments, à l'inverse, une étincelle électrique qui peut être fournie par la pile provoque la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène gazeux, et détermine la formation de l'eau par l'union chimique de ces deux gaz ; enfin, grâce à l'emploi de courants électriques faibles et continus, on parvient à reproduire, avec le secours du temps, certaines espèces minérales qui existent dans la nature.

La pile de Volta, qui produit de si remarquables effets physiques et chimiques, provoque encore d'importants phénomènes physiologiques. En circulant au sein de nos organes, l'électricité issue de la pile reproduit ces intimes

ébranlements que l'innervation a le privilége d'y exciter; elle réveille nos fonctions endormies, met en action les appareils organiques; elle *galvanise*, suivant l'expression consacrée, le cadavre des animaux récemment tués, et simule les phénomènes qui sont propres à la vie.

Si, avec les deux mains humectées d'eau, on touche à la fois les deux fils conducteurs d'une pile en activité, on éprouve aussitôt une vive commotion; on ressent dans les articulations des doigts et de la main une secousse pareille à celle que l'on éprouve quand on touche à la fois les deux garnitures d'une bouteille de Leyde. Seulement, la bouteille de Leyde ne donne qu'une seule commotion; pour en obtenir une autre, il faut recharger la bouteille. Ici, au contraire, la secousse se renouvelle continuellement; la pile de Volta joue le rôle d'une bouteille de Leyde qui se rechargerait subitement et spontanément.

Placez sur le bout de la langue le pôle zinc de cet instrument, et sur un autre point du même organe le pôle cuivre, vous percevrez l'impression très-prononcée d'une saveur acide; changez les deux fils de place, la saveur perçue sera alcaline.

Le sens de la vue peut être excité, comme celui du goût, par le courant de la pile; et, résultat singulier, la sensation lumineuse peut être provoquée sans que le fil conducteur touche l'organe de la vue. Si l'on applique sur la joue, sur les lèvres, ou sur une partie quelconque du visage préalablement humectée d'eau, le fil conducteur de l'un des pôles, à l'instant où l'on saisit avec la main l'autre extrémité, on aperçoit un faible éclair en tenant les yeux fermés.

Si l'on place les deux fils de la pile sur les oreilles humectées d'eau, ou bien entre une oreille et quelque autre partie humectée du visage, on entend aussitôt des sons ou des bruits successifs et répétés.

Ce n'est pas seulement sur les organes vivants que la pile

voltaïque exerce son influence ; elle réveille les actions organiques sur le cadavre des animaux. En faisant, par des moyens convenables, circuler le courant électrique dans les muscles pectoraux d'un animal récemment tué, on voit renaître sur le cadavre l'acte mécanique de la respiration. Soumis au même genre d'expérimentation, on a vu des suppliciés exécuter les phénomènes de la vie organique, leurs mains s'agiter et soulever des poids, le tronc se relever à demi, et les muscles de la face en proie à de si effrayantes contorsions, que les témoins de cette étrange scène s'enfuyaient épouvantés.

Source de lumière et de chaleur, agent de force motrice, moyen puissant d'action chimique, instrument de phénomènes physiologiques variés, la pile voltaïque réalise donc cet idéal Protée conçu pour un autre ordre d'idées par la poétique imagination des anciens. Produire de la chaleur et de la lumière, créer des forces motrices, ramener les corps à leurs éléments primitifs, combiner entre eux ces éléments, réveiller au sein des êtres organisés les mouvements particuliers à l'action vitale, à cela se réduit à peu près la sphère de notre activité scientifique et industrielle. Ce cercle immense autant que varié, la pile voltaïque le remplit à elle seule, et presque toujours avec une intensité et une facilité surprenantes.

De toutes les inventions modernes, la pile voltaïque est donc la plus originale, la plus féconde, en raison du caractère frappant d'universalité qui la distingue. Les plus belles créations de la science ou de l'industrie, la machine à vapeur et nos puissants instruments mécaniques, la boussole, les lunettes d'approche et les instruments d'optique perfectionnés, toutes les autres inventions dont nous pourrions rappeler la longue et glorieuse liste, n'accomplissent en général qu'une fonction unique et spéciale. L'instrument que nous devons à Volta est, au contraire, essentiellement

universel dans ses applications. Grâce à cet appareil admirable, on enferme et l'on condense en un même point une source continuelle d'électricité, c'est-à-dire d'un agent physique égal au calorique par le nombre et l'importance de ses attributs, et l'on peut mettre tour à tour à profit ses effets variés. Lumière, chaleur, action mécanique, effets physiologiques, nous avons sous la main, avec la pile électrique, toutes les ressources, tous les moyens d'action à la fois. Nous pouvons, à volonté, mettre en jeu l'un de ces effets à l'exclusion des autres, et tous, isolés ou simultanés, obéissent aveuglément à nos ordres. Ils partent, s'élancent ou s'arrêtent, modèrent, graduent ou exaltent leur intensité, selon nos besoins ou nos désirs. Grâce à la pile de Volta, l'électricité devient tour à tour le messager rapide qui porte nos dépêches, la machine puissante qui accomplit nos travaux mécaniques, l'agent mystérieux qui, dans nos laboratoires industriels, façonne et superpose les métaux précieux ou communs, le moyen thérapeutique que la médecine tente de mettre en œuvre, ou la lampe sidérale qui brille dans la nuit de nos cités.

Il faudrait des volumes pour raconter avec tous les détails qu'elle exigerait l'histoire de la pile de Volta, pour tracer le tableau des innombrables applications qu'elle a reçues, et fournir des renseignements exacts et circonstanciés sur tous les points qui se rattachent à ce grand sujet. Pour ne pas étendre cette notice hors de toute limite, nous ne considérerons ici que l'histoire de la pile de Volta prise en elle-même, sans entrer dans l'exposé de la longue série des applications qu'elle a trouvées de nos jours. Nous pourrons ainsi renfermer dans un petit nombre de pages le récit historique de tout ce qui se rapporte à cet admirable appareil.

CHAPITRE PREMIER

Premières observations de Galvani sur l'électricité animale. — Le choc en retour chez la grenouille. — Recherches expérimentales de Galvani touchant l'influence de l'électricité des machines sur les contractions musculaires des animaux à sang froid et à sang chaud. — Découverte fondamentale, faite par Galvani, des contractions métalliques provoquées chez la grenouille par l'emploi d'un arc métallique. — Galvani publie son système sur l'électricité animale.

Professeur d'anatomie à l'université de Bologne, Aloysius Galvani était l'un des hommes les plus distingués d'une époque féconde en éminents esprits. Bien que l'on se soit plu à rabaisser son mérite scientifique en ne voulant le considérer que comme un anatomiste habile, il s'était pourtant occupé avec succès de beaucoup d'études expérimentales d'un ordre varié. Sans négliger pour cela ses travaux de physiologie, il s'était occupé de chimie organique et de physique appliquée. Préoccupé depuis longtemps de l'étude des fonctions du système nerveux, séduit par la pensée, alors si en faveur, de l'intervention de l'électricité dans les phénomènes de la vie, il s'adonnait d'une manière particulière à l'examen de l'action du fluide électrique sur les corps vivants, il cherchait à déterminer son influence sur les organes des animaux. L'expérimentateur de Bologne était donc parfaitement préparé aux découvertes de physique et de physiologie qu'il devait réaliser plus tard.

C'est à Galvani qu'était réservée la gloire d'ouvrir le premier la route dans l'immense champ de recherches où devait tant s'agiter et s'ennoblir son époque. Pour mettre sur le compte exclusif du hasard l'observation du fait primordial qui donna le signal de ses recherches, on a accrédité une

anecdote, souvent reproduite et singulièrement fertile en variantes (1). Bien qu'adoptée par Arago, dans son *Éloge historique de Volta*, cette anecdote, dans laquelle il est question d'un bouillon aux grenouilles préparé par la cuisinière de Galvani, est tout à fait controuvée. Le hasard joua sans doute un rôle dans ce fait, mais il faut convenir que le génie de Galvani tira un merveilleux parti d'un accident qui serait demeuré stérile entre les mains de tout autre observateur.

Un soir de l'année 1780 (2), Galvani se trouvait dans son laboratoire, occupé, avec quelques-uns de ses amis, à répéter ses expériences sur l'irritabilité nerveuse des animaux à sang froid, et en particulier des grenouilles. Pour procéder à ces expériences, on avait fait subir à la grenouille une préparation anatomique qui consistait : 1° à dépouiller rapidement de sa peau l'animal vivant; 2° à séparer d'un coup de ciseau les membres inférieurs de la partie supérieure du corps, en conservant seulement les deux nerfs de la cuisse (les nerfs cruraux très-développés chez ce batracien), lesquels, étant respectés, servaient à maintenir, appendus par ce seul lien, les membres inférieurs de l'animal.

Dans le même laboratoire où Galvani se livrait en ce moment à ses recherches sur l'irritabilité nerveuse des grenouilles, un autre observateur de ses amis était occupé à faire, de son côté, quelques expériences de physique au moyen d'une machine électrique ordinaire. Cette coïnci-

(1) En étudiant la physique, comme élève de philosophie au lycée de ma ville natale, je m'étais amusé à relever dans nos principaux auteurs de Traités de physique, les différentes manières dont cette anecdote était racontée. J'avais recueilli vingt et une de ces variantes, dont je conserve encore le texte. Je me flatte que celle que j'ai adoptée ici est la bonne, car elle est empruntée au mémoire latin de Galvani, qui sera citée plus loin.

(2) Et non de l'année 1790, comme le dit Arago dans son *Éloge de Volta*, par une erreur accidentelle, que nous prenons la liberté de signaler aux éditeurs de ses *Œuvres complètes*, où elle se trouve reproduite.

dence, assez singulière, fut le véritable hasard dont on a tant parlé à ce propos.

Ayant fait subir à sa grenouille la préparation anatomique que nous venons de décrire, Galvani la posa, sans intention particulière, sur la tablette de bois qui servait de support à la machine électrique, et il sortit du laboratoire pour se rendre dans une autre partie de la maison.

Or, il arriva que l'un des aides-anatomistes de Galvani, sans doute pour achever la dissection et la séparation des nerfs cruraux de la grenouille, vint à toucher ces nerfs de la pointe de son scalpel. Tout aussitôt les membres inférieurs de l'animal entrèrent en contraction, comme s'ils étaient pris d'une convulsion tétanique.

On comprend aisément la surprise qu'occasionna ce phénomène insolite aux personnes qui se trouvaient en ce moment dans le laboratoire. Parmi elles était la femme du professeur, Lucia Galvani, compagne constante et dévouée qui exerça une grande influence sur la destinée et les travaux du célèbre anatomiste. Pendant que l'on s'empressait à reproduire, en se plaçant dans les mêmes conditions, le curieux phénomène qui avait si fort étonné les assistants, Lucia Galvani crut reconnaître que les contractions de la grenouille n'étaient jamais excitées qu'au moment précis où l'on tirait une étincelle de la machine électrique voisine. En effet, l'expérience répétée avec cette circonstance particulière, réussissait toujours. Quand on tirait une étincelle de la machine, et qu'en même temps une autre personne touchait de la pointe d'un scalpel les nerfs cruraux de la grenouille, placée pourtant à une certaine distance de l'appareil électrique, les contractions lombaires ne manquaient jamais de se manifester. Elles n'apparaissaient pas, au contraire, quand on laissait en repos la machine.

Émerveillée de ce fait, Lucia Galvani courut aussitôt en faire part à son mari, retenu en ce moment hors du labora-

toire. Ce dernier s'empressa de vérifier le phénomène annoncé, et il ne put qu'en constater la réalité. En approchant la pointe de son scalpel de l'un ou de l'autre des nerfs cruraux de la grenouille, tandis qu'une autre personne tirait l'étincelle de la machine le phénomène se produisit exactement de la même manière, les membres inférieurs de l'animal étaient pris de contractions violentes, comme par l'effet d'un mouvement tétanique (1).

(1) Voici le passage du mémoire latin de Galvani où le fait qui précède est raconté avec détail :

« Res autem ab hujus modi profecta initio est. Ranam dissecui atque præparavi ut in fig. 2, eamque in tabulà, omnia mihi alia proponens, in quà erat machina electrica, collocavi, ab ejus conductore penitus sejunctam atque haud brevi intervallo dissitam. Dum scalpelli cuspidem unus ex iis qui mihi operam dabant cruralibus hujus ranæ internis nervis casu vel leviter admoverit, continuo omnes artuum musculi ita contrahi visi sunt, ut in vehementiores incidisse tonicas convulsiones viderentur. Eorum vero alter, qui nobis electricitatem tentantibus præsto erat, animadvertere sibi visus est rem contingere, dum ex conductore machinæ scintilla extorqueretur. Rei novitatem ille admiratus, de eàdem statim me, alia omninò molientem ac mecum ipso cogitantem, admonuit. Hic ego incredibili sum studio ; et cupiditate incensus sum idem experiendi, et quod occultum in re esset in lucem proferendi. Admovi propterea et ipse scalpelli cuspidem uni vel alteri crurali nervo, quo tempore unus ex iis qui aderant scintillam eliceret. Phænomenon eàdem omnino ratione contigit : vehementes contractiones in singulos artuum musculos, perinde ac si tetano præparatum animal esset correptum, eodem ipso temporis momento inducebantur quo educebantur scintillæ. »

« Voici comment la chose se passa pour la première fois. Je disséquai une grenouille et la préparai comme l'indique la figure 2 de ce mémoire. Ensuite, me proposant tout autre chose, je la plaçai sur une table sur laquelle se trouvait une machine électrique. La grenouille n'était aucunement en contact avec le conducteur de la machine ; elle en était même distante d'un assez long intervalle. Un de mes aides vint à approcher par hasard la pointe d'un scalpel des nerfs cruraux internes de cette grenouille et les toucha légèrement, et tout aussitôt tous les muscles des membres inférieurs se contractèrent, comme s'ils avaient été subitement pris de convulsions tétaniques violentes. Cependant une personne qui était là présente pendant que nous faisions des expériences avec la machine électrique, crut remarquer que le phénomène ne se produisait que lorsque l'on tirait une étincelle du conducteur. Émerveillée de la nouveauté du fait, elle vint aussitôt m'en faire part. J'étais

Le phénomène qui avait si fort émerveillé Galvani et ses amis, bien qu'il n'eût jamais été observé jusque-là, était pourtant assez simple en lui-même. C'était un résultat de ce que l'on désigne en physique sous le nom de *choc électrique en retour*, et dont les effets s'observent en grand

alors préoccupé de tout autre chose; mais pour de semblables recherches mon zèle est sans bornes, et je voulus aussitôt répéter par moi-même l'expérience et mettre au jour ce qu'elle pouvait présenter d'obscur. J'approchai donc moi-même la pointe de mon scalpel tantôt de l'un, tantôt de l'autre des nerfs cruraux, tandis que l'une des personnes présentes tirait des étincelles de la machine. Le phénomène se produisit exactement de la même manière : au moment même où l'étincelle jaillissait, des contractions violentes se manifestaient dans chacun des muscles de la jambe, absolument comme si ma grenouille préparée avait été prise de tétanos. » (Aloysii Galvani *De viribus electricitatis in motu musculari, Commentarius. — De Bononiensi Scientiarum et artium Instituto et Academiâ Commentarii*, 1790, t. VII, p. 363.)

Il résulte bien évidemment de ce récit de Galvani, que ce n'était pas pour la première fois qu'il se livrait à des recherches physiologiques sur les grenouilles. Il existe d'ailleurs une preuve irrécusable qui fixe l'époque exacte à laquelle Galvani commença ses expériences sur les grenouilles. On trouve dans un registre signé par Canterzani, secrétaire de l'Académie de Boulogne, la note suivante relative aux dates des mémoires que Galvani avait communiqués à cette Académie :

« 9 avril 1772, *Sur l'irritabilité hallérienne.*

« 22 avril 1773, *Sur les mouvements musculaires des grenouilles.*

« 20 janvier 1774, *Sur l'action de l'opium sur les nerfs des grenouilles.* »

Ainsi, lorsque Galvani fit l'observation rapportée plus haut de l'action de l'étincelle d'une machine électrique sur les nerfs cruraux de la grenouille, il faisait usage depuis sept ans de grenouilles préparées de cette manière. On a retrouvé parmi ses manuscrits le cahier qui contient ses premières expériences faites en 1780 sur les contractions des grenouilles excitées par l'électricité, et en décrivant la première expérience que nous venons de rapporter, Galvani écrit : *La grenouille était préparée comme à l'ordinaire* (*alla solita maniera*). Ainsi, ce n'était point par hasard, ni pour la première fois, que Galvani, en 1780, fit l'observation capitale dont il s'agit Cette anecdote d'un bouillon aux grenouilles préparé par la cuisinière de madame Galvani pour un rhume de son mari, qui a été répétée par une foule d'écrivains, parmi lesquels figurent les plus sérieux et les plus recommandables de nos auteurs, tels que Alibert dans son *Éloge historique de Galvani*, et Arago dans son *Éloge historique de Volta* n'est donc qu'une fable de mauvais goût.

pendant la décharge électrique d'un nuage orageux.

Le *choc en retour* est une commotion électrique que peuvent ressentir l'homme et les animaux, à une distance assez éloignée du lieu où la foudre a éclaté. Occupant une vaste étendue de l'atmosphère, un nuage chargé d'électricité agit *par influence* sur tous les corps placés dans sa sphère d'action. Tous les corps, toute la surface du sol, qui sont compris dans le cercle d'activité du nuage orageux, sont électrisés par son influence, et se trouvent chargés d'une quantité plus ou moins considérable d'électricité contraire à celle du nuage. Quand la foudre vient à éclater en un point quelconque, le nuage se trouve subitement déchargé de son électricité libre ; il cesse donc, tout aussitôt, d'agir électriquement sur les corps placés au-dessous de lui ; dès lors, ces corps repassent subitement de l'état électrique à l'état neutre par la recomposition instantanée des deux fluides. Ce brusque retour à l'état naturel, cette subite recomposition du fluide, quand elle s'exerce à travers les corps des hommes ou des animaux, provoque une secousse, une commotion violente et quolquefois mortelle : c'est le *choc en retour*.

C'est un phénomène de ce genre qui se produisait dans l'expérience de Galvani rapportée ci-dessus. Placé dans le voisinage d'une machine électrique en activité, et se trouvant ainsi dans sa sphère d'attraction, le corps de la grenouille s'électrisait par influence, et persistait dans cet état électrique tant que le conducteur de la machine se trouvait chargé de fluide. Mais, quand on venait, en tirant l'étincelle, à dépouiller subitement le conducteur de la machine de toute son électricité libre, la recomposition du fluide se faisait au même instant dans le corps de l'animal. Ce rapide mouvement de l'électricité déterminait une commotion dans les membres de la grenouille, parce que le corps d'une grenouille récemment tuée éprouve toujours ces mouve-

ments de contractilité musculaire sous l'influence de l'électricité en mouvement. Une grenouille récemment tuée est, en effet, un excellent *électroscope :* elle accuse la présence des plus faibles traces d'électricité à l'état libre.

On a dit et répété bien des fois que Galvani ne sut point reconnaître la nature du curieux phénomène qui se manifesta pour la première fois entre ses mains. On a prétendu qu'excellent anatomiste, mais physicien ignorant, il n'avait pas compris que les contractions de sa grenouille provenaient simplement d'un *choc en retour*, et qu'il fut amené ainsi à s'engager dans une foule de recherches qu'il se serait évité la peine d'entreprendre s'il eût été bon physicien (1). Accuser Galvani d'avoir ignoré les notions élémentaires de l'électricité statique, c'est commettre une véritable injustice. L'anatomiste de Bologne connaissait le phénomène du choc en retour, car il en parle dans ses ouvrages. Il avait fait d'ailleurs de nombreuses expériences sur l'électricité produite dans le vide, sur la bouteille de Leyde soumise à l'influence de la machine électrique. De pareilles études suffisent pour prouver que Galvani possédait sur l'électricité statique de solides connaissances, et qu'il ne pouvait ignorer le phénomène du choc en retour (2). Cette

(1) C'est ce qu'a dit Arago, copié ensuite par presque tous nos auteurs : « Ce phénomène était très-simple, dit Arago, s'il se fût offert à quelque physicien habile, familiarisé avec les propriétés du fluide électrique ; il eût à peine excité son attention. L'extrême sensibilité de la grenouille, considérée comme électroscope, aurait été l'objet de remarques plus ou moins étendues ; mais, sans aucun doute, on se serait arrêté là. Heureusement, et par une bien rare exception, le défaut de lumières devint profitable. Galvani, très-savant anatomiste, était peu au fait de l'électricité. Les mouvements musculaires qu'il avait observés lui paraissant inexplicables, il se crut transporté dans un nouveau monde. Il s'attacha donc à varier ses expériences de mille manières. » (*Éloge historique de Volta. — Œuvres de François Arago : Notices biographiques*, t. I, p. 212.)

(2) Nous invoquerons, à l'appui de cette assertion, le témoignage du savant physicien italien, M. Matteucci, si compétent en un tel sujet.

explication se présenta certainement à son esprit, mais il ne crut pas devoir s'y arrêter. Préoccupé depuis longtemps de la pensée que le fluide nerveux n'est autre chose que l'électricité libre circulant dans l'économie animale, Galvani se refusa à admettre que le phénomène qu'il venait d'observer, fût le résultat d'un simple choc en retour. Il considéra les contractions musculaires qu'il venait d'observer comme le premier anneau d'une chaîne de découvertes qui devaient le conduire à la vérification expérimentale d'une séduisante théorie. Il espéra arriver à déterminer les lois et la nature de cet influx nerveux qu'il avait tant étudié. L'événement prouva d'ailleurs que dans cette circonstance, l'illustre anatomiste eut raison de ne pas s'en tenir exclusivement aux préoccupations du physicien.

Quoi qu'il en soit, Galvani, justement frappé de l'importance et de l'originalité du fait qui venait de se révéler entre ses mains, résolut d'en poursuivre l'étude d'une manière approfondie. Il entreprit une longue série de recherches avec toutes sortes d'animaux, sur la manière dont la décharge de la machine électrique provoque les contractions musculaires : cette catégorie d'expériences ne dura pas moins de six années.

Dans ces longues recherches, Galvani étudia avec le plus grand soin l'influence qu'exerce l'électricité des machines pour provoquer à distance les contractions musculaires des animaux à sang froid et à sang chaud, soit peu d'instants

Dans son *Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux*, 1re partie, p. 7, M. Matteucci dit, à propos des connaissances de Galvani dans l'électricité : « Du reste, dans un mémoire latin qui est très-« peu répandu, et dans lequel il s'occupe de la lumière électrique dans « l'air plus ou moins raréfié, on peut voir que Galvani était bien au cou-« rant de toutes les découvertes et de toutes les théories de l'électricité. « Dans son mémoire *sur l'usage et l'activité de l'arc conducteur*, Gal-« vani dit que la contraction de la grenouille peut très-bien s'expliquer, « dans le cas dont nous avons parlé, par le *coup de retour*. On voit bien « qu'il expliquait le phénomène comme nous le faisons encore. »

après leur mort, soit pendant la vie. Il procéda à cette étude avec une méthode, une sagacité, une rectitude de jugement qui peuvent être citées comme un exemple à suivre dans l'observation d'un phénomène obscur par son côté physique, et compliqué par l'élément si épineux de l'intervention de la vie.

Dans le problème offert à sa curiosité philosophique, il y avait trois termes principaux dont il fallait déterminer les conditions et l'influence : l'électricité comme agent du phénomène ; — les nerfs qui produisaient, par leur intermédiaire, le mouvement contractile observé ; — le corps étranger, qui, mis en contact avec les nerfs, provoquait les contractions.

Les premières expériences de Galvani portèrent sur ce corps étranger qui, par son contact avec les nerfs, excitait les mouvements de la grenouille. Dans l'expérience telle qu'elle avait été faite pour la première fois, on s'était servi d'un scalpel à manche métallique, c'est-à-dire d'un corps très-bon conducteur de l'électricité. Galvani répéta l'expérience avec tous les corps bons, médiocres, ou mauvais conducteurs du fluide électrique, et il reconnut que les substances conductrices avaient seules la propriété de provoquer les convulsions musculaires. Il étudia aussi l'influence de la forme, de la longueur, de l'orientation des conducteurs propres à exciter la contraction tétanique, et il constata que dans ces diverses conditions, le phénomène se produisait toujours identiquement le même, pourvu que l'extrémité de l'instrument excitateur fût en contact avec les nerfs cruraux, et que l'on opérât dans le voisinage, mais non au contact du conducteur d'une machine électrique en activité.

Bien que très-remarquables par la précision expérimentale, ces premières recherches n'apportèrent pas grand bénéfice à la science, car elles ne constituent, en réalité, qu'une

étude minutieuse, et d'ailleurs fort exacte, des effets du *choc en retour* excité dans le corps des animaux.

Galvani expérimenta ensuite, dans la même vue, les différentes sources d'électricité que l'on connaissait alors : l'électricité positive ou négative dégagée par la machine électrique ; l'électricité fournie par la bouteille de Leyde, par les jarres électriques, et par l'électrophore. Les résultats furent constamment les mêmes : les contractions survenaient toujours dans les membres inférieurs de la grenouille, au moment même où le fluide naturel se recombinait subitement dans le corps de l'animal par la décharge, à distance, de l'appareil électrique.

Ayant ainsi épuisé, à ce point de vue, l'étude des sources d'électricité artificielle, Galvani voulut connaître l'influence qu'exercerait sur le même phénomène l'électricité naturelle, c'est-à-dire celle qui est accumulée dans la masse des nuages orageux. Le choc en retour se manifeste avec une imposante grandeur pendant la décharge électrique d'un nuage annoncée par un coup de foudre. Mais il se produit aussi, seulement avec moins d'intensité, au moment de l'apparition d'un éclair non accompagné de tonnerre. On trouvait donc, dans ce dernier phénomène, le moyen d'étudier sur une grande échelle l'influence, sur les mouvements convulsifs de la grenouille, du choc en retour provoqué par l'électricité naturelle.

Sans se laisser arrêter par les dangers d'une tentative où l'infortuné Richmann avait trouvé une fin tragique, Galvani n'hésita pas à exposer sa vie pour enrichir la science de quelques résultats nouveaux. Au sommet de sa maison, il fit élever une tige de fer pointue dressée verticalement ; un fil métallique, partant de cette tige, conduisait dans son laboratoire l'électricité empruntée à l'atmosphère ; l'extrémité de ce fil, recourbée en crochet, passait dans la masse des muscles et des nerfs lombaires d'une grenouille préparée,

qui s'y trouvait suspendue. On constata alors, plus d'une fois, qu'au moment où l'éclair apparaissait, de violentes contractions saisissaient les muscles de l'animal : souvent même elles apparaissaient sans que l'éclair brillât aux nues, et par un ciel sombre et nuageux ; seulement les *éclairs de chaleur* n'agissaient jamais sur ce nouvel et curieux électroscope.

On ne peut lire, sans frémir de crainte pour le courageux physicien, les détails d'une expérience faite le 7 avril 1786, et consignée dans ses cahiers manuscrits : Galvani serrait entre ses mains la tige du conducteur atmosphérique isolé au moment même où la foudre éclatait dans le ciel.

Ayant de cette manière soumis à ses expériences l'électricité d'une atmosphère orageuse, Galvani fut pris du désir d'éprouver aussi la puissance électrique de l'air pendant un jour serein.

C'est en exécutant cette série d'expériences, dernier anneau d'une chaîne d'études qui l'occupaient depuis six ans, et grâce à sa louable persévérance dans l'étude d'un même phénomène, que le physicien de Bologne vit couronner ses efforts du plus merveilleux succès. C'est ainsi, en effet, qu'il fut conduit à l'observation qui constitue réellement sa découverte fondamentale, celle qui a servi d'origine et de point de départ à la création de la pile de Volta. Preuve brillante et nouvelle que le génie ne consiste souvent que dans la poursuite attentive et intelligente de la même pensée !

Le 20 septembre 1786, Galvani, pour étudier l'influence de l'électricité atmosphérique sur les mouvements de la grenouille par un temps calme, prépara comme à l'ordinaire un de ces animaux, et, après lui avoir passé un crochet de cuivre à travers la moelle épinière, il le suspendit à la balustrade de fer qui bordait la terrasse du palais Zamboni, qu'il habitait. Il avait déjà tenté plusieurs fois sans aucun résultat la même expérience. De temps en temps il montait

sur la terrasse, afin de noter, heure par heure, ce qui pouvait se passer. Vers la fin de la journée, fatigué de la longueur et de l'inutilité de ses observations, il saisit le crochet de cuivre implanté dans la moelle épinière de la grenouille, l'appliqua contre la balustrade, qu'il frotta vivement au moyen de ce crochet, comme pour rendre le contact plus intime entre les deux métaux. Aussitôt les membres inférieurs de l'animal entrèrent en contraction, et ces mouvements musculaires se reproduisaient à chaque nouveau contact du crochet de cuivre et de la balustrade de fer. Cependant le temps était serein ; rien n'indiquait la présence de l'électricité libre dans l'atmosphère (1).

Le fait observé sur la terrasse du palais Zamboni était le plus important, le plus fécond de tous ceux que Galvani avait découverts depuis l'origine de ses travaux : c'était l'éclair qui venait de briller dans la nuit des phénomènes obscurs dont il cherchait depuis six ans à dissiper les ténèbres. Ici, en effet, les contractions organiques avaient été obtenues sans le secours d'aucun appareil électrique placé dans le voisinage. L'atmosphère était calme, les instruments qui

(1) « Quâ de causâ cum interdum vidissem præparatas ranas in ferreis cancellis, qui hortum quemdam pensilem nostræ domus circumdabant, collocatas, uncis quoque æreis in spinali medullâ instructis, in consuetas contractiones incidisse, non solum fulgurante cœlo, sed interdum etiam quiescente ac sereno, putavi eas contractiones mutationibus, quæ interdum in atmosphericâ electricitate contingunt, ortum ducere. Hinc non sine spe cœpi harum mutationum effectus in muscularibus hisce motibus diligenter perquirere et aliis atque aliis rationibus experiri. Quapropter, diversis horis atque id per multosdies, animalia eadem apposite accommodata inspiciebam : at vix ullus in eorum musculis motus. Vanâ tandem exspectatione defatigatus, cœpi æreos uncos, quibus spinales medullæ infigebantur, adversus ferreos cancellos urgere et comprimere, visurus an hoc artificii genere contractiones musculares excitarentur, et pro vario atmospheræ et electricitatis statu, an quidquam varietatis et mutationis præ se ferrent : contractiones quidem haud raro observavi ; sed nullâ ad varium atmospheræ atque electricitatis statum ratione habitâ. » (ALOYSII GALVANI *De viribus electricitatis in motu musculari Commentarius.*)

servent à déceler la présence du fluide électrique dans l'air, constataient l'absence de toute électricité extérieure. Le phénomène observé sur la grenouille était donc bien une *contraction propre*, indépendante de toute cause externe ; il provenait, sans nul doute, d'une force particulière à la grenouille. Ainsi, cette *électricité animale*, que Galvani avait toujours soupçonnée, existait réellement, et les vues théoriques qui l'avaient engagé dans une si longue carrière de recherches, jusque-là infructueuses, étaient sur le point de recevoir une confirmation éclatante.

Dans la vérification d'un fait qui flattait si largement ses désirs, Galvani procéda avec sa méthode et sa prudence accoutumées. Il craignit d'abord que l'effet qu'il avait observé ne provînt de ce que les barreaux de fer de la terrasse, exposés depuis longues années aux vicissitudes de l'air, auraient pris un état électrique permanent, ainsi qu'il arrive aux pièces de fer de nos constructions, qui, depuis longtemps placées dans une situation fixe et dans un certain plan du méridien du globe, finissent par acquérir un état persistant de magnétisme et, partant, d'électricité. Pour lever ses doutes à cet égard, il répéta de point en point la même expérience dans son laboratoire, en substituant seulement au fer rouillé des barreaux de la terrasse une lame de fer polie, à surface nette et brillante. Il posa donc sur un petit plateau de fer une grenouille fraîchement préparée, et passa, comme à l'ordinaire, un petit crochet de cuivre à travers la masse des muscles lombaires et des faisceaux de la moelle épinière. Dès que le crochet de cuivre vint à toucher la lame de fer, les contractions se reproduisirent telles qu'il les avait observées sur la terrasse.

Cette observation était capitale ; c'est par elle que Galvani put pénétrer dans un ordre de faits entièrement nouveau. Il ne pouvait mettre en doute, après toutes ses recherches antérieures, que les contractions de la grenouille

ne fussent provoquées par un mouvement du fluide électrique. Mais jusque-là il avait cherché la cause de ces contractions dans une influence électrique extérieure. Ici la source étrangère d'électricité n'existait plus, et le fait se trouvait réduit à ces deux termes simples : un arc métallique en contact par l'une de ses extrémités avec les nerfs de la grenouille, et par l'autre extrémité avec son système musculaire.

Animé, par ce brillant succès, d'une ardeur toute nouvelle, soutenu par l'espoir d'arriver enfin à l'entière démonstration de la grande idée théorique qui avait présidé aux travaux de presque toute sa carrière, Galvani se disposa à examiner avec la plus grande rigueur les nouveaux phénomènes qui s'offraient à ses méditations. Au début de ses recherches, à travers l'obscurité des phénomènes complexes dont il avait le premier interrogé les mystères, il avait dévié de la bonne route et employé six années en investigations infructueuses. « Maintenant que le succès lui paraît assuré, « dit M. le professeur Gavarret, dans un discours prononcé, « en 1848, à la Faculté de médecine de Paris, sur les tra-« vaux de Galvani, il va redoubler de rigueur dans le choix « de ses expériences et dans la manière de les instituer ; il va « s'entourer de nouvelles précautions pour se mettre en « garde contre l'entraînement ; car, dit-il, *facile est in expe-« riundo decipi, et quod videre et invenire optamus, id vidisse « et invenisse arbitrari.* »

Galvani employa successivement une foule de substances solides et liquides, et même des parties animales à l'état frais, pour former l'arc destiné à exciter les contractions de la grenouille. Il démontra, par cette série d'expériences, que toute substance peut servir à composer un arc excitateur de ce genre, pourvu qu'elle conduise facilement l'électricité. Il signala les métaux comme les corps qui provoquent le mieux les contractions musculaires, et l'on peut noter qu'i

rangea sous ce rapport les métaux dans l'ordre même qui leur a été assigné depuis par les physiciens qui ont le mieux étudié la conductibilité électrique. Quand il opérait avec un arc composé, en tout ou en partie, d'une matière non conductrice, la contraction n'apparaissait point.

Galvani trouva que, pour donner toute l'amplitude possible au phénomène de la contraction animale, il fallait entourer les nerfs lombaires de la grenouille d'une feuille d'étain, les muscles de la jambe d'une feuille d'argent, et établir, au moyen d'un fil de cuivre, la communication entre ces deux armatures métalliques. L'expérience ainsi disposée prenait un développement qui démontre bien l'extraordinaire sensibilité du corps d'une grenouille récemment tuée pour accuser la présence du fluide électrique. Lorsque Galvani touchait avec un fil de cuivre l'armature d'étain, qu'une autre personne touchait avec un fil de cuivre l'armature d'argent, et que les deux opérateurs joignaient leurs mains libres, les contractions survenaient aussitôt. Après avoir parcouru tout cet énorme circuit, l'électricité était donc encore accusée par le corps de la grenouille, qui nous apparaît ainsi comme l'électroscope le plus sensible dont les physiciens puissent faire usage.

Appuyé sur ces faits, et sur plusieurs autres que nous négligerons ici, Galvani crut avoir mis hors de doute la certitude de la théorie qui avait servi de point de départ à ses recherches, c'est-à-dire l'existence d'une électricité propre à l'organisme vivant. Il formula définitivement cette pensée, et lui donna pour ainsi dire une expression physique, en posant en principe que *le corps des animaux est une bouteille de Leyde organique*.

Mais, pour vérifier cette hypothèse hardie, pour démontrer la justesse de cette assimilation, il fallait prouver que dans le corps des animaux il y a, comme dans une bouteille de Leyde, deux électricités contraires, et confinées chacune

en un lieu séparé, ce qui les empêche de se recombiner, et ne permet cette recomposition que dans certaines conditions physiques. Pour démontrer la présence, dans le corps des animaux, de deux électricités contraires et localisées séparément, Galvani multiplia vainement ses tentatives. Il jugea néanmoins pouvoir passer outre, et abandonnant cette fois la route expérimentale pour se livrer aux seules inspirations de son génie, il formula ainsi définitivement sa pensée :

1° Le muscle est une bouteille de Leyde ;

2° Le nerf joue le rôle d'un simple conducteur ;

3° L'électricité positive circule de l'intérieur du muscle au nerf, et du nerf au muscle à travers l'arc excitateur.

De nombreux physiciens se sont occupés, à notre époque, de l'étude des phénomènes électriques qui se manifestent dans le corps des animaux. MM. Matteucci, de la Rive, Du Boys Raymond, ont mis hors de doute l'existence d'un courant propre dans les divers animaux, et la loi énoncée par Galvani, quant à la circulation de l'électricité positive de l'intérieur du muscle au nerf et du nerf au muscle, à travers l'arc excitateur, a reçu une confirmation complète.

« Galvani, dit M. Gavarret, dans le discours déjà cité, sentait tout ce qu'il y avait d'extraordinaire et d'audacieux dans cette assimilation d'un muscle à une bouteille de Leyde. Il s'arrête longtemps sur cette proposition, il y revient, avec une sorte de complaisance, dans plusieurs passages de ses ouvrages; il ne veut pas qu'on puisse la considérer comme une hypothèse dénuée de fondement. Il rappelle le phénomène bien connu de la distribution de l'électricité à la surface de la tourmaline; il fait remarquer que ce minéral est composé de deux substances, l'une fortement colorée et transparente, l'autre opaque, plus pâle et disposée en stries. Il fait dépendre sa polarité électrique de cette texture particulière, et dès lors il ne trouve plus de difficulté à admettre qu'un muscle puisse, lui aussi, contenir les deux électricités séparées. Assemblage de nerfs, de faisceaux cellulaires, de fibres propres, et de vaisseaux sanguins entrelacés dans toutes les directions, le muscle lui paraît bien mieux dis-

posé que la tourmaline pour accumuler l'électricité positive à l'intérieur et la négative à l'extérieur. En l'absence d'expériences directes, il était difficile de se montrer plus ingénieux dans ses rapprochements et plus pressant dans l'argumentation.

« D'ailleurs, ajoute-t-il, de quelque manière que cela se passe, il y a une telle identité apparente de causes entre la décharge de la bouteille de Leyde et nos contractions musculaires, que je ne puis détourner mon esprit de cette hypothèse et de cette comparaison, ni m'empêcher d'assigner une même cause à ces deux ordres de phénomènes. »

Jusqu'à 1791 Galvani, occupé depuis onze années à des expériences exécutées sans relâche, n'avait encore donné au monde savant aucun exposé de ses travaux. Ce n'est qu'après ce long intervalle qu'il se décida à livrer ses idées au public. Il consigna l'ensemble de ses découvertes dans un travail admirable de clarté, de précision, de méthode et de style, qui fut inséré dans les Mémoires de l'Académie de Bologne (1).

Le travail de Galvani, *De viribus electricitatis in motu musculari*, est divisé en deux parties : la première contient l'exposé descriptif des phénomènes que sa merveilleuse sagacité lui avait permis d'observer ; la seconde renferme les conclusions générales qu'il déduit de ses expériences, avec l'hypothèse qu'il propose, tant pour expliquer les faits déjà acquis, que pour ouvrir la voie à des découvertes nouvelles : « *novis capiendis experimentis viam sernamus aliquam.* »

Ce mémoire de l'illustre anatomiste de Bologne est une des œuvres capitales du XVIIIe siècle. *L'électricité statique*, c'est-à-dire l'électricité en repos, celle qui est fournie par les

(1) Aloysii Galvani, *De viribus electricitatis in motu musculari Commentarius* (*De Bononiensi Scientiarum et Artium Instituto et Academiâ Commentarii*, t. VII, p. 363, 1791, in-folio).

En 1844, l'Institut de Bologne a fait paraître, en un beau volume in-4°, la collection des mémoires de Galvani, avec une analyse de ses manuscrits faite avec beaucoup de soin et d'intelligence par M. Gherardi. C'est grâce à cette publication que notre époque a pu connaître exactement le célèbre physicien de Bologne et apprécier son génie.

machines à frottement, était la seule que les physiciens eussent connue jusqu'à cette époque. C'est grâce aux recherches de Galvani que l'*électricité dynamique*, c'est-à-dire l'électricité en mouvement, s'est révélée pour la première fois à l'observation des hommes qu'elle devait enrichir de tant de conquêtes et de bienfaits inespérés. On a donc eu grand tort, dans notre siècle, de rabaisser le génie de Galvani devant celui de Volta. Sans la sagacité merveilleuse avec laquelle Galvani poursuivit pendant onze années consécutives l'un des problèmes les plus compliqués que la science ait jamais abordés, nous ne connaîtrions pas encore la plus générale, la plus puissante peut-être de toutes les forces physiques, c'est-à-dire l'électricité en mouvement.

CHAPITRE II

Lutte entre Galvani et Volta. — Théorie de Volta sur l'électricité métallique et le développement de l'électricité par le contact des métaux. — Expériences de Galvani opposées à celles de Volta. — Théorie chimique de Fabroni. — Travaux des Italiens et des Allemands sur le galvanisme. — Répétition des expériences de Galvani et de Humboldt à Paris. — Incertitude des savants entre ces théories opposées. — Découverte de la pile par Volta.

La publication du travail de Galvani produisit dans l'Europe savante une sensation profonde. Les phénomènes annoncés par l'expérimentateur de Bologne, les déductions qu'il en tirait, l'hypothèse qu'il avait admise, tant pour les coordonner que pour ouvrir la voie à de nouvelles recherches, furent le sujet de longues et vives discussions. Les physiologistes et les physiciens mirent un grand empressement à vérifier ces faits inattendus ; on en vit bientôt sortir d'importantes conséquences.

Les physiologistes entrèrent les premiers dans cette voie. Presque tous admirent la théorie de Galvani, qui donnait le moyen de résoudre ce grand problème de la sensibilité vitale que les siècles avaient laissé en suspens. Jean Aldini, professeur de physique à Bologne, et Georges Aldini, qui devint plus tard conseiller d'État du royaume d'Italie, tous les deux neveux de Galvani, appuyèrent les premiers, par des observations fondamentales, les opinions de leur oncle. Un autre physicien, Eusèbe Valli, de Pise, qui expérimentait de concert avec Muscati, se joignit bientôt à ces premiers défenseurs de la doctrine bolonaise. L'ingénieux Fontana, professeur à Pise, enfin Giulio et Rossi, à Turin, continuèrent ces études par des expériences purement physiologiques, qui tendaient à prouver l'existence de l'électricité animale et à justifier l'assimilation de l'action nerveuse aux effets de la bouteille de Leyde.

La découverte de Galvani fut annoncée en Allemagne par la *Gazette médico-chirurgicale* du professeur Jacob Ackermann, de Mayence (1). Er (2), Smuck (3), et bientôt après, Gren, professeur à Halle, répétèrent les expériences de Galvani en employant l'argent et le zinc comme armature des nerfs et des muscles de la grenouille (4). L'anatomiste Sœmmering, Wilhelm Behrends, de Francfort, et Kielmayer, professeur à Stuttgard, continuèrent les expériences commencées en Italie par Fontana, Giulio et Rossi. Le but de ces divers expérimentateurs était d'appliquer à la médecine les données nouvelles résultant des travaux de Galvani, qui avait le premier donné le signal de ce genre d'application dans le traitement des paralysies. Le professeur

(1) *Medicinisch-chirurgische Zeitung*, von Jacob Fidelius Ackermann, 1791.

(2) *Physiologische Darstellung der Lebenskräfte.* Mayence, 1800.

(3) *Beiträge zur weiteren Kenntniss der thierischen Elektrizität.* Munich, 1792.

(4) *Gren Journal*, VI, 402 ; VII, 323 ; VIII, 65.

Gaspard Crève, de Mayence, et d'autres expérimentateurs tels que Klein, Alexandre Monro, Fowler, George Hunter, Berlinghieri et Pignotti, poursuivirent les mêmes tentatives.

Mais les adversaires des idées de Galvani ne tardèrent pas à se produire. Reil, en Allemagne, fut le premier qui se prononça contre la théorie de l'anatomiste de Bologne (1). Il attribua les contractions musculaires de la grenouille aux métaux employés, mais en accordant toutefois une certaine part à la sensibilité organique. Pfaff, professeur à Stuttgard, observateur d'un vrai mérite, fut un adversaire plus sérieux pour Galvani (2).

L'opposition que rencontraient les idées de Galvani, et les expériences qu'on lui opposa pendant les quatre années qui suivirent la publication de son ouvrage, ne sortaient pas, en général, du domaine de la physiologie. C'est dans le camp des physiciens qu'il allait trouver ses plus redoutables contradicteurs.

Adoptée avec enthousiasme en Italie à la fois par les physiologistes et les physiciens, acceptée avec faveur par les naturalistes allemands, qui y trouvaient un prétexte d'accorder avec la physiologie leurs vagues spéculations métaphysiques, timidement combattue en France et en Angleterre, la théorie de Galvani faisait son chemin dans l'arène scientifique, lorsqu'un physicien d'Italie, Alexandre Volta, déjà connu par la découverte de l'électrophore, de l'eudiomètre et du condensateur, osa s'emparer des diverses objections précédemment élevées contre l'hypothèse de l'électricité animale, et les réduire en propositions simples. Dans les premiers travaux qu'il avait publiés sur l'électricité. Volta avait adopté sans réserve les opinions de son célèbre

(1) *Gren Journ.*, VI, 411.

(2) *Dissertatio inauguralis medica de electricitate sic dicta animali*, auctore C. H. Pfaff. Stuttgardiæ, 1795. — *Ueber thierische Electricität und Reizbarkeit*. Leipsig, 1795.

compatriote; mais bientôt, changeant de rôle, il s'en fit l'adversaire déclaré (1).

Galvani avait fort bien reconnu, et il le dit très-nettement dans son livre, que l'on pouvait expliquer les contractions musculaires de la grenouille provoquées par un arc métallique, au moyen de deux théories différentes ; que l'électricité développée dans ce cas pouvait avoir son origine dans le corps de l'animal, ou provenir du métal même (2). Mais à la suite de ses recherches, il avait rejeté, comme inadmissible, la pensée qui aurait fait attribuer au métal la cause productrice de l'électricité. L'opinion que Galvani avait cru devoir abandonner, fut précisément celle dont Volta s'empara, et dont il se fit une arme pour battre en brèche l'édifice laborieusement élevé par l'anatomiste de Bologne.

Partant de ce fait, annoncé et bien des fois vérifié par Galvani, que l'arc métallique excitateur provoque beaucoup plus facilement les contractions lorsque cet arc est formé de deux métaux différents que quand il se compose d'un métal unique, Volta fit jouer un rôle capital, pour l'explication du phénomène, à cette hétérogénéité du conducteur. D'après ses vues, d'abord vaguement énoncées, mais bientôt appuyées de preuves qui parurent alors sans réplique, Volta formula ainsi sa théorie physique du phénomène de la contraction musculaire de la grenouille, pour l'opposer à la théorie physiologique de son adversaire :

Lorsque deux métaux différents sont en contact l'un avec

(1) Volta a exposé ses idées dans le *Giornale physico-médicale*, de Brugnatelli, t. XIV, 1797 ; dans le *Journal de Leipsig*, t. XXXIV; dans sa *Lettre à sir Joseph Banks*, président de la Société royale de Londres, insérée dans les *Transactions philosophiques* pour l'année 1800, 2e partie; enfin, dans un Mémoire lu à l'Institut national de France au mois de brumaire an IX.

(2) Il est bien curieux de lire sur le cahier manuscrit où se trouve enregistrée sa première expérience sur la contraction de la grenouille par l'arc métallique, ces mots, écrits de la main de Galvani : *Expérience sur l'électricité des métaux*, avec la date du 20 septembre 1786.

l'autre, par suite de ce contact, par l'effet de cette hétérogénéité de nature, il y a développement d'électricité.

Pour bien établir dans les mots la différence d'interprétation qu'il voulait porter dans les choses, Volta appela toujours *électricité métallique* ce que Galvani avait désigné dans ses mémoires sous le nom d'*électricité animale*.

Quand on se trouvait disposé à admettre, sans autre examen, cet étrange principe, que le simple contact de deux métaux différents est une cause de production d'électricité, l'explication des phénomènes découverts par Galvani devenait chose simple. Lorsque l'arc métallique qui unissait les muscles lombaires aux nerfs cruraux était formé de deux métaux, ces deux métaux, selon Volta, dégageant de l'électricité par leur simple contact, le fluide électrique, ainsi développé, passait dans les organes de la grenouille, et y provoquait ces contractions tétaniques qu'il a le privilége d'y exciter. Si, au contraire, l'arc excitateur était formé d'un seul métal, c'était alors la différence des humeurs imbibant les muscles et les nerfs qui engendrait cette même force électro-motrice.

Ainsi, Volta prenait le contre-pied de la théorie de Galvani. Pour l'anatomiste de Bologne, la source de l'électricité, c'était le muscle; l'arc métallique provoquant les contractions ne remplissait d'autre rôle que celui de conducteur, et la cause réelle et directe des mouvements convulsifs de l'animal, c'était le courant électrique qui s'élançait du muscle au nerf et du nerf au muscle, à travers l'arc métallique. Pour le physicien de Pavie, au contraire, la cause productrice de l'électricité résidait dans le contact des parties hétérogènes, et la contraction musculaire provenait de l'irritation des nerfs par le passage du courant électrique engendré par ce contact.

Galvani défendit pendant six années sa théorie de l'électricité animale contre les objections incessantes de son

adversaire. La mémorable lutte scientifique qui s'établit entre ces deux grands esprits vivra à jamais dans l'histoire de la science, tant pour l'importance des questions discutées, que pour la convenance et la dignité des formes qui furent observées par les deux adversaires pendant cette longue controverse.

Les réponses de Galvani aux objections de Volta sont contenues dans une *Lettre à Carminati*, qui parut en 1792; dans un mémoire anonyme de Galvani, d'une très-grande importance, publié en 1794, *sur l'usage et l'activité de l'arc conducteur dans les contractions musculaires;* enfin, dans cinq mémoires adressés par lui, en 1797, à l'illustre Spallanzani. Ses neveux, les deux Aldini, prirent aussi une certaine part à cette mémorable polémique.

Comme on vient de le voir, Volta plaçait la source de l'électricité dans le contact des substances hétérogènes; Galvani mit tous ses efforts à prouver que cette hétérogénéité n'était nullement nécessaire pour provoquer les contractions. Les expériences qui servirent à établir cette vérité furent nombreuses et sans réplique; ce sont encore les preuves les plus frappantes que l'on puisse invoquer aujourd'hui pour démontrer l'existence de l'électricité animale.

Galvani fit d'abord remarquer que, si l'hétérogénéité de l'arc ajoute, il est vrai, à l'intensité de la contraction organique, cette condition est loin d'être indispensable, car on obtient ces mêmes mouvements avec un arc composé d'un seul métal, tel qu'une lame d'or parfaitement pur et homogène. Il prouva ensuite qu'on peut se passer complétement de métaux pour composer un arc excitateur. Il démontra ce fait décisif en exécutant le premier la curieuse expérience qui a été depuis si souvent répétée dans les cours de physique médicale. On place une grenouille de manière que ses pattes et ses nerfs plongent séparément dans deux capsules de verre (matière isolante) remplies d'eau. On complète le

circuit avec une carte à jouer mouillée, avec un morceau de peau ou de substance musculaire fraîche, en un mot, avec un conducteur quelconque non métallique, et toujours la contraction musculaire apparaît au moment où l'on complète le circuit. Cette expérience mettait évidemment hors de cause l'hétérogénéité métallique comme source de l'électricité observée, puisque des contractions étaient obtenues dans les muscles de la grenouille sans que l'on fît usage d'un métal.

A une expérience si concluante, Volta fit une réponse qui parut plausible, bien qu'elle ne constituât qu'une véritable argutie. Il prétendit qu'au point de contact de l'animal et de l'arc, de quelque nature que fût ce dernier, il y avait hétérogénéité de matière, et que cette cause devait suffire pour provoquer les faibles effets électriques qui se manifestent dans ce cas.

Galvani fit à cette objection la plus belle réponse. Il prépara une grenouille à la manière ordinaire, isola le nerf, le sépara de la moelle épinière, et ramena la partie libre de ce nerf sur les muscles de la cuisse. Ainsi, c'était bien le nerf qui établissait la communication entre la partie interne et la surface externe du muscle, sans l'emploi d'aucun corps conducteur étranger, et l'homogénéité était complète entre tous les éléments de l'arc. La contraction musculaire se manifesta pourtant dès que le circuit fut établi au moyen du nerf posé sur la cuisse.

Enfin, pour lever tous les doutes à cet égard, et obtenir un arc excitateur formé de parties absolument homogènes, Galvani fit la dernière expérience que voici et que les physiologistes de nos jours ont variée de cent manières. Une cuisse de grenouille, munie de son nerf recourbé en demi-cercle, fut placée sur un plateau isolant. Dans le voisinage et sans communication avec la première, il disposa une seconde cuisse dont il laissa tomber le nerf recourbé de

la première. De cette manière, aux deux points de contact, il n'y avait que de la substance nerveuse. Tout était donc homogène; cependant, au moment où les deux circuits furent ainsi formés, les deux cuisses se contractèrent énergiquement.

Il était impossible, après de tels résultats, de mettre en doute l'existence d'une électricité animale. Les travaux des physiologistes qui, de nos jours, ont si minutieusement étudié, sous toutes ses faces, le phénomène du *courant électrique propre* de la grenouille, ont démontré toute l'exactitude des faits découverts par Galvani. L'anatomiste de Bologne sortit donc victorieux de sa lutte avec le physicien de Pavie, bien qu'un grand nombre de savants aient voulu à son époque, et même beaucoup plus tard, contester sa victoire.

Après l'opposition des physiciens, Galvani eut à essuyer celle des chimistes. En 1792, Fabroni, chimiste florentin, doué d'une sagacité profonde, éleva contre la théorie de Galvani des objections qui la frappaient au cœur, et qui, si elles eussent été poursuivies avec persévérance, auraient donné la clef de ces phénomènes tant discutés. Dans le mémoire présenté par Fabroni, en 1792, à l'Académie de Florence, on trouve le germe de la théorie chimique de la pile, à laquelle se sont ralliés presque tous les physiciens modernes, et qui explique en même temps le phénomène de la contraction musculaire des grenouilles (1).

Fabroni entrevit fort bien, malgré l'état encore si peu avancé de la chimie à son époque, que la véritable source de

(1) Fabroni exposa ses idées pour la première fois dans une dissertation adressée à l'Académie de Florence en 1792, et que Brugnatelli analysa dans le *Giornale physico-medicale*. Plus tard, Fabroni lui-même en fit à Paris une analyse *de mémoire*, et la publia sous ce titre : *Sur l'action chimique des différents métaux entre eux, à la température commune de l'atmosphère, et sur l'explication de quelques phénomènes galvaniques*, dans le *Journal de physique*, 9e série, t. VI, cahier de brumaire an VIII (1799).

l'électricité dans les expériences de Galvani, était l'action chimique exercée par l'oxygène de l'air sur les métaux en contact, quand l'arc excitateur est formé de deux métaux différents, ou l'action chimique des liquides du corps de l'animal sur le métal de l'arc excitateur, quand le conducteur est unique.

Observateur d'un rare mérite, Fabroni avait été frappé de plusieurs phénomènes qui lui servirent à se rendre compte chimiquement des effets du galvanisme. Il avait remarqué que les métaux purs sont généralement à l'abri de l'action de l'oxygène de l'air, tandis que les métaux impurs, déjà un peu oxydés ou engagés dans des alliages, s'oxydent avec la plus grande rapidité. Il avait vu, dans le musée de Cortone, des inscriptions étrusques gravées sur le plomb pur qui avaient résisté à l'action des siècles, tandis que les médailles des papes, conservées dans la galerie de Florence, et qui sont formées d'un alliage de plomb, d'antimoine et d'arsenic, étaient tombées en poussière. Il avait observé que des feuilles de cuivre, attachées entre elles au moyen de clous de fer, finissaient, au bout de quelque temps, par être tellement rongées au contact de ce dernier métal, que la tête du clou ne retenait plus la feuille. Il savait que le mercure chimiquement pur, malgré une très-longue exposition à l'air, conserve tout son éclat, tandis que le même métal, allié avec la plus faible quantité d'étain, se recouvre promptement à l'air d'un voile d'oxyde. Il avait observé que l'étain pur, exposé à l'air, y demeure brillant pendant des années, tandis que des alliages d'étain qu'il avait employés dans un but industriel s'oxydaient au bout de quelques jours. Il savait, enfin, que l'alliage de plomb et d'étain, qui porte le nom de *soudure des plombiers*, est infiniment plus oxydable à une température élevée que le plomb et l'étain pris isolément. De l'ensemble de ces faits, Fabroni avait déduit les deux corollaires suivants :

Les métaux, même les plus oxydables, pris à l'état de pureté parfaite, ne se combinent que très-difficilement avec l'oxygène de l'air ou de l'eau. Mais, au contraire, lorsque deux métaux inégalement oxydables sont alliés entre eux, ou seulement placés en contact l'un avec l'autre, le métal le plus oxydable se combine rapidement avec l'oxygène de l'air ou de l'eau.

Pour expliquer ce fait général, résultat positif et incontesté de l'observation, Fabroni posait en principe que le contact des corps de nature différente provoque entre eux une action chimique réciproque. Par suite de la tendance mutuelle à se combiner que présentent les deux corps mis en présence, la cohésion, force inverse et opposée à celle de l'affinité, est amoindrie en proportion de l'intensité de l'attraction chimique qui s'exerce entre ces deux corps. Ainsi, le contact de deux substances, de deux métaux par exemple, a pour résultat de favoriser l'action chimique, absolument comme le fait le calorique, c'est-à-dire en diminuant la cohésion. Fabroni expliquait de cette manière le fait de l'oxydabilité des alliages qui est plus grande que celle des métaux pris isolément, la corrosion rapide des clous de fer qui servent à rattacher les feuilles de cuivre des navires, etc. Il pensa donc que, dans les expériences de Galvani, les liquides contenus dans le corps des animaux oxydaient l'arc métallique excitateur simple ou composé, et que cette action chimique avait pour résultat de produire les effets électriques observés (1).

(1) « Il me parut donc, dit Fabroni, qu'une action chimique avait lieu d'une manière évidente, et qu'il ne fallait pas chercher ailleurs la nature du nouveau stimulus que, dans l'expérience de Sultzer, on appelait *galvanisme. C'était manifestement une combustion, une oxydation du métal : le principe stimulant pouvait donc être, ou le calorique qui se dégage, ou l'oxygène qui passe à des combinaisons nouvelles, ou enfin le nouveau sel métallique.* C'est ce que je n'ai pu bien vérifier.

« Mais on voit bien clairement, par les résultats que j'ai obtenus du simple contact de deux métaux, c'est-à-dire par l'oxyde et les cristaux

Ainsi, dès l'année 1792, le chimiste florentin avait mis le doigt sur la véritable cause des effets du galvanisme. Il réfutait à la fois Volta et Galvani, et donnait dès cette époque l'explication rationnelle des effets chimiques du galvanisme, qui n'a été admise que cinquante ans après lui. Mais, soit que les opinions de Fabroni fussent trop avancées pour son temps, soit qu'il les eût embarrassées d'explications oiseuses, elles n'excitèrent aucune attention. La lutte était si vivement engagée entre les Voltaïstes et les Galvanistes, qu'il fallait, pour être écouté, se ranger sous l'un des deux drapeaux. Fabroni, qui attaquait à la fois les idées de Galvani et celles de Volta, avait peu de chances d'être compris. Aussi ses travaux ne furent-ils accueillis partout, même en Italie, qu'avec un froid dédain.

Il s'était formé, en 1793, dans l'université de Bologne, sous la direction d'Aldini, une Société scientifique dont tous les travaux étaient dirigés contre ceux de Volta. Fontana, Bassiano, Carminati et Carvadori, professeurs de Pavie, en avaient fondé une autre dans cette dernière université contre les Galvanistes. Sous l'inspiration de Cavallo, de pareilles associations s'établirent en Angleterre en faveur de Volta (1). Pendant cinq ans, en un mot, l'Europe scientifique se rangea sous l'une ou l'autre de ces bannières opposées. Mais les résultats qui, dans cette période, furent acquis à la science, ne répondirent pas à l'ardeur doctrinale qui les avait inspirés, et avancèrent peu la question, au moins sous le rapport théorique.

salins, qu'il s'agit d'une opération chimique, et que c'est à elle que l'on doit attribuer les sensations que l'on éprouve sur la langue et sur l'œil. *Il me paraît donc probable que c'est à ces nouveaux composés ou à leurs éléments que l'on doit ce stimulus mystérieux qui opère les mouvements convulsifs de la fibre animale dans une grande partie au moins des phénomènes du galvanisme.*

(1) *Experiments on animal Electricity with their applications to Physiology*, 1793.

Parmi les physiciens dont les travaux furent remarqués dans la mémorable lutte engagée entre Galvani et Volta, il faut distinguer surtout Alexandre de Humboldt. L'ouvrage de ce savant, *Expériences sur le galvanisme*, traduit en français en 1799, avait paru en Allemagne bien avant cette époque ; il contient une foule d'observations intéressantes (1). Personne, avant de Humboldt, n'avait appliqué l'arc de Galvani sur un grand nombre d'animaux différents, et sur les diverses parties du corps de ces animaux. De Humboldt découvrit l'action que le courant électrique exerce chez les animaux vivants, sur les mouvements contractiles des intestins et sur les pulsations du cœur. Dans son zèle pour la science, ce courageux expérimentateur n'hésita pas à se faire enlever l'épiderme par des vésicatoires, afin d'appliquer l'arc métallique sur des parties plus internes du corps mises à nu. Il obtint des résultats curieux relativement à l'influence exercée par le courant électrique sur les sécrétions des plaies formées par les vésicatoires. De Humboldt étudia avec le plus grand soin le fait, découvert par Galvani, de la contraction musculaire de la grenouille obtenue en repliant ses jambes, de manière à les mettre en contact avec ses nerfs lombaires. Il découvrit aussi ce fait remarquable, que l'on peut obtenir les contractions de la grenouille en touchant son nerf lombaire, sur deux points différents, avec un morceau de substance musculaire pris sur le même animal vivant.

Les *Lettres sur l'électricité animale*, adressées en 1792 à Desgenettes et De la Methrie par Valli, de Pise, contiennent des expériences qui méritent encore d'être signalées parmi les travaux de cette époque.

L'*Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*, par

(1) *Expériences sur le galvanisme, et en général sur l'excitation des fibres musculaires et nerveuses*, par Frédéric-Alexandre de Humboldt, traduction de l'allemand, par Jadelot, médecin. Paris, 1799.

Jean Aldini, sur lequel nous aurons à revenir plus tard, renferme encore beaucoup d'observations intéressantes, et en particulier, ce fait curieux, que l'on peut exciter des contractions dans une grenouille préparée et tenue à la main, quand on plonge ses nerfs dans l'intérieur d'une blessure faite dans les muscles d'un autre animal vivant.

Dans l'ouvrage de Fowler *sur le galvanisme*, on trouve beaucoup d'observations pleines d'intérêt sur les sensations provoquées par le passage du courant électrique dans les animaux; sur l'influence du froid et de la chaleur; sur l'irritabilité musculaire excitée par l'électricité; sur la reproduction de la substance nerveuse; sur l'action de certains poisons dans le phénomène de la contraction musculaire, etc. (1).

Un long mémoire lu à l'Institut le 26 frimaire an IX, par un physiologiste français, Lehot, contient aussi des résultats très-importants concernant les effets du galvanisme sur le système nerveux.

En 1798, malgré les orages politiques du temps, l'Académie des sciences de Paris voulut connaître et apprécier par elle-même les expériences de l'école bolonaise. Un comité de ce corps savant, composé de Guyton-Morveau, Fourcroy, Hallé, Coulomb, Vauquelin, Sabattier, Pelletan et Charles, fut chargé de répéter ces expériences et de faire un rapport détaillé sur les nouvelles découvertes du galvanisme. Hallé s'occupa particulièrement de cette vérification. Il répéta toutes les expériences d'Alexandre de Humboldt, de concert avec ce savant lui-même qui s'était rendu à Paris dans ce but. La commission de l'Académie, qui envisagea ce sujet presque exclusivement sous le rapport physiologique, donna de grands éloges aux découvertes de Galvani et aux expériences d'Alexandre de Humboldt. Les mêmes expé-

(1) Un extrait de l'ouvrage de Fowler se trouve dans la *Bibliothèque Britannique*, mai 1796.

riences furent reproduites en Allemagne par un grand nombre de physiologistes; Pfaff, qui s'en occupa particulièrement, combattit quelques assertions d'A. de Humboldt.

Le galvanisme trouvait pourtant beaucoup de partisans enthousiastes en Allemagne, où l'on n'hésitait pas à le considérer comme une nouvelle branche de la philosophie naturelle. Dans deux mémoires publiés de 1797 à 1798, le docteur J. L. Reinhold avait admis qu'un fluide particulier, analogue mais non identique à l'électricité, circule dans les nerfs des animaux et provoque les contractions musculaires. Le chimiste J. W. Ritter, bien connu par ses admirables recherches sur les précipitations métalliques, s'occupa du même sujet, dans un ouvrage publié à Weimar en 1798, où il s'efforça d'établir l'universalité du galvanisme, en s'appuyant sur un ensemble d'idées philosophiques particulières, d'un ordre entièrement métaphysique, et dont ses compatriotes eux-mêmes ne purent réussir à démêler le sens. A Brême, le professeur G. R. Treviranus publia des expériences relatives à l'action du galvanisme sur les plantes, et au phénomène de la contraction musculaire chez les animaux. En un mot, toute l'Allemagne savante s'occupait alors avec ardeur d'études expérimentales sur ce sujet. Un grand nombre d'opinions contradictoires se faisaient jour pour l'explication des faits secondaires, et bien que la théorie de Galvani, quant à l'existence d'un fluide électro-nerveux chez les animaux, fût généralement admise, on peut dire qu'il y avait alors en Allemagne autant d'opinions que d'expérimentateurs.

Ainsi, jusqu'à la fin de l'année de 1799, ni la théorie de Galvani, ni celle de Volta n'avait réussi à fixer la victoire de son côté. Quant aux idées de Fabroni, on ne daignait pas même les discuter. Elles étaient pourtant autrement précises, autrement concluantes que celles de Volta, fondées, comme nous l'avons déjà dit, sur un principe inintelligible

et sur des expériences inexactes; elles étaient bien plus positives que celles de Galvani, qui s'appuyaient sur la donnée éternellement insaisissable de la vie.

Telle était la situation des esprits, et l'irrésolution générale des doctrines, lorsque Volta, par un véritable coup de maître, parvint à remporter l'un des triomphes les plus éclatants dont l'histoire des sciences conserve le souvenir. C'est alors qu'il imagina l'appareil admirable qui porte son nom. Cette découverte brillante coupa court immédiatement à toute discussion, à toute controverse. Elle fixa avec tant d'autorité les idées et la faveur du monde savant, que tout ce qui se rapportait aux opinions de Galvani perdit immédiatement son prestige, si bien que, jusqu'à cinquante ans après cette époque, personne parmi les physiciens ne se hasarda plus à prononcer le nom d'électricité animale.

Comment Volta parvint-il à cette découverte si justement admirée, et par quelles observations y fut-il conduit?

Après avoir renoncé à sa chaire de Pavie, Volta s'était retiré à Côme, sa ville natale, pour se consacrer tout entier à ses travaux de recherches. Dans une expérience, bien célèbre et pourtant inexacte, il avait constaté que deux disques de zinc et d'argent isolés par une tige de verre et mis en contact, puis séparés aussitôt, se chargeaient d'une certaine quantité d'électricité, appréciable par le condensateur et l'électroscope à feuilles d'or. Mais la quantité d'électricité développée par ce simple contact de deux métaux était si faible, qu'il importait d'en augmenter la tension en réunissant plusieurs couples de ces disques métalliques ainsi électrisés par le contact. C'est en rassemblant plusieurs de ces couples, dans le but d'augmenter l'intensité des effets électriques dus au contact, que Volta construisit la première pile qu'un physicien ait possédée. Il nous dit lui-même que telle fut l'origine de sa découverte : « La preuve la plus « frappante, dit Volta, du développement de l'électricité par

« le simple contact de deux métaux, c'est que, dans une de « mes expériences où je me servais de plusieurs couples « métalliques, j'obtins une tension électrique deux, trois ou « quatre fois plus grande, selon que j'employais deux, trois « ou quatre couples de zinc ou d'argent. C'est ce grand ré- « sultat qui, à la fin de l'année 1799, m'amena à la construc- « tion du nouvel appareil que je nommai *électro-moteur*, et « que mes anciennes expériences ne m'avaient pas encore « permis de découvrir. » C'est donc en voulant démontrer et confirmer le principe, reconnu aujourd'hui inexact, du développement de l'électricité par le contact, que Volta fut amené à construire l'instrument qui porte son nom.

Après avoir exposé les diverses péripéties à travers lesquelles les expérimentateurs ont passé pour arriver à la découverte de la pile de Volta, terminons en essayant de tirer, comme le chœur dans les tragédies antiques, la *moralité* qui découle de ce récit.

Citiùs emergit veritas ex errore quàm ex confusione, a dit Bacon. Jamais peut-être, dans les sciences, la vérité de cet axiome de l'auteur du *Novum organum* n'a été mieux démontrée que par la découverte de la pile de Volta. Il est rigoureusement exact de dire que cette découverte a été le résultat d'une suite de hasards heureux du côté de Galvani, et d'erreurs de la part de Volta. Pour que Galvani fût mis sur la voie de l'existence de l'électricité animale, il a fallu que l'un de ses amis se trouvât occupé à des expériences électriques, pendant le temps et dans le laboratoire même où l'anatomiste de Bologne poursuivait de son côté des expériences physiologiques. Il a fallu que les recherches anatomiques de Galvani portassent précisément sur les nerfs lombaires et les muscles cruraux de la grenouille, c'est-à-dire sur l'électroscope le plus sensible qui existe, et dont la propriété, sous ce rapport, était alors ignorée. Les prépara-

tions anatomiques de l'un des expérimentateurs s'étant trouvées, par la plus singulière des coïncidences, en présence des appareils électriques de l'autre, il a fallu encore que Galvani n'ait pas voulu se contenter, comme l'aurait fait à sa place tout autre physicien, de l'explication de ce phénomène par le *choc en retour*, qui en était pourtant la cause véritable. Enfin, comme si toutes ces rencontres bizarres, ces coïncidences étranges, ne suffisaient point, Galvani, poursuivant pendant six années la solution d'un problème déjà tout résolu pour ainsi dire, fut conduit par un hasard nouveau à la découverte du fait fondamental qui devait donner naissance à l'électricité dynamique, c'est-à-dire les contractions propres de la grenouille, dont il fut inopinément le témoin sur la terrasse du palais Zamboni.

Après la part du hasard du côté de Galvani, est venue, dans la découverte de la pile, la part des erreurs du côté de Volta. C'est par un enchaînement d'observations inexactes, et de mauvaises interprétations des faits (on le verra plus clairement par la suite de ce récit), que Volta fut amené à construire son appareil. Il est bien extraordinaire qu'un physicien, partant d'une observation erronée, discutant cette observation avec de continuelles pétitions de principe, et appliquant, comme confirmation de ses idées, les mêmes raisonnements à la construction d'un instrument, ait fini par découvrir, en dépit de tout, le plus merveilleux appareil que la physique possède, par réaliser la plus étonnante conquête faite jusqu'à nos jours sur les forces naturelles qui régissent l'univers.

Mais remarquons-le, si Volta commit une erreur théorique, qui n'a été bien reconnue qu'à notre époque, il ne tomba dans aucune confusion dans le classement et l'interprétation générale des phénomènes compliqués dont il embrassait l'étude. Il fut toujours logique et conséquent avec lui-même. Malgré les vices de son interprétation théorique, il eut le

grand mérite de conserver intact l'ensemble synthétique des faits qu'il étudiait; en un mot, il ne commit jamais de confusion expérimentale. Au contraire, Galvani et Fabroni ne surent point éviter ce défaut de confusion : Galvani en réunissant dans la même explication la contractilité organique des animaux et la source des effets électriques, deux phénomènes essentiellement différents et qui exigeaient chacun une étude spéciale et appropriée; Fabroni, en voulant, à l'inverse, tout rapporter à l'action chimique, sans tenir aucun compte de l'électricité naturelle qui circule dans le corps des animaux, et en affirmant avec insistance que les convulsions musculaires de la grenouille pouvaient parfaitement s'expliquer par la seule action chimique entre les liquides animaux et l'arc excitateur. De quelque côté qu'elle vînt, cette confusion, si elle eût prévalu, aurait arrêté à jamais les progrès de la science. Volta, au contraire, sut éviter ce genre d'écueil, et il vit ses efforts couronnés d'un succès immortel.

CHAPITRE III

Lettre d'Alexandre Volta à sir Joseph Banks sur la construction et les effets de la pile, ou *électro-moteur*. — Premières expériences faites à Londres au moyen de la pile de Volta. — Décomposition de l'eau par Nicholson et Carlisle. — Expériences de Cruikshank, à Woolwich, sur la décomposition des sels. — Travaux des physiciens allemands, de Ritter, Simon, etc. — Premières recherches de Davy sur la pile. — Objections faites à Volta concernant la théorie de l'*électro-moteur*.

A sir Joseph Banks, président de la Société royale de Londres (1).

Côme, en Milanais, ce 20 mars 1800.

« Après un long silence dont je ne chercherai pas à m'excuser, j'ai le plaisir de vous communiquer, Monsieur, et par votre

(1) Alex. Volta, *On the Electricity excited by the mere contact o*

moyen à la *Société royale*, quelques résultats frappants auxquels je suis arrivé en poursuivant mes recherches sur l'électricité excitée par le simple contact mutuel des métaux de différente espèce, et même par celui des autres conducteurs aussi différents entre eux, soit liquides, soit contenant quelque humeur à laquelle ils doivent proprement leur pouvoir conducteur.

« Le principal de ces résultats, et qui comprend à peu près tous les autres, est la construction d'un appareil qui ressemble pour les effets (c'est-à-dire pour les commotions qu'il est capable de faire éprouver dans les bras, etc.) aux bouteilles de Leyde, et mieux encore, aux batteries électriques faiblement chargées, qui agiraient cependant sans cesse, et dont la charge, après chaque explosion, se rétablirait d'elle-même : qui jouiraient en un mot d'une charge indéfectible, d'une action sur le fluide électrique, ou impulsion, perpétuelle; mais qui d'ailleurs en diffère essentiellement, et par cette action continuelle qui lui est propre, et parce que, au lieu de consister, comme les bouteilles et les batteries électriques ordinaires, en une ou plusieurs lames isolantes, en couches minces de ces corps censés être les seuls *électriques*, armés de conducteurs ou corps dits *non électriques*, ce nouvel appareil est formé uniquement de plusieurs de ces derniers corps, choisis même entre les meilleurs conducteurs, et par là les plus éloignés, suivant ce que l'on a toujours cru, de la nature électrique. Oui, l'appareil dont je vous parle, et qui vous étonnera sans doute, n'est qu'un assemblage de bons conducteurs de différentes espèces, arrangés d'une certaine manière. Vingt, quarante, soixante pièces de cuivre, ou mieux, d'argent, appliquées chacune à une pièce d'étain, ou, ce qui est beaucoup mieux, de zinc et un nombre égal de couches d'eau, ou de quelque autre humeur qui soit meilleur conducteur que l'eau simple, comme l'eau salée, la lessive, etc. ; ou des morceaux de carton, de peau, etc., bien imbibés de ces humeurs : de telles couches interposées à chaque couple ou combinaisons des deux métaux différents; une telle suite alternative, et toujours dans le même ordre, de ces trois espèces de conducteur, voilà tout ce qui constitue mon nouvel instrument, qui imite, comme j'ai dit, les effets des bouteilles de Leyde ou des batteries électriques, en donnant les mêmes commotions que

conducting substances of different kinds. In a Letter to the Right Hon. sir Joseph Banks. P. R. S. (Read June 26, 1800, *Philos. Transact. for* 1800, part. II, p. 408.)

celles-ci ; qui, à la vérité, reste beaucoup au-dessous de l'activité desdistes batteries chargées à un haut point, quant à la force et au bruit de l'explosion, à l'étincelle, à la distance à laquelle peut s'opérer la décharge, etc. ; égalant seulement les effets d'une batterie chargée à un degré très-faible, d'une batterie pourtant ayant une capacité immense ; mais qui d'ailleurs surpasse infiniment la vertu et le pouvoir de ces mêmes batteries, en ce qu'il n'a pas besoin comme elles d'être chargé d'avance au moyen d'une électricité étrangère et en ce qu'il est capable de donner la commotion toutes les fois qu'on le touche convenablement, quelque fréquents que soient ces attouchements.

« Cet appareil, semblable dans le fond, comme je le ferai voir, et même tel que je viens de le construire pour la forme, à l'*organe électrique naturel* de la torpille, de l'anguille tremblante, etc., bien plus qu'à la bouteille de Leyde et aux batteries électriques connues, je voudrais l'appeler *organe électrique artificiel*. Et, au vrai, n'est-il pas, comme celui-là, composé uniquement de corps conducteurs ? N'est-il pas, au surplus, actif par lui-même, sans aucune charge précédente, sans le secours d'une électricité quelconque excitée par aucun des moyens connus jusqu'ici ; agissant sans cesse et sans relâche, capable enfin de donner à tous moments des commotions plus ou moins fortes, selon les circonstances, des commotions qui redoublent à chaque attouchement, et qui, répétées ainsi avec fréquence ou continuées pendant un certain temps, produisent ce même engourdissement des membres que fait éprouver la torpille, etc. ?

« Je vais donner ici une description plus détaillée de cet appareil et de quelques autres analogues, aussi bien que des expériences relatives les plus remarquables.

« Je me fournis de quelques douzaines de petites plaques rondes ou disques de cuivre, de laiton, ou mieux d'argent, d'un pouce de diamètre, plus ou moins (par exemple des monnaies), et d'un nombre égal de plaques d'étain, ou, ce qui est beaucoup mieux, de zinc de la même figure et grandeur, à peu près : — je dis à peu près, parce que la précision n'est pas requise, et en général la grandeur aussi bien que la figure des pièces métalliques est arbitraire ; on doit avoir égard seulement qu'on puisse les arranger commodément les unes sur les autres en forme de colonne. Je prépare, en outre, un nombre assez grand de rouelles de carton, de peau ou de quelque autre matière spongieuse,

capable d'imbiber et de retenir beaucoup d'eau ou de l'humeur dont il faudra pour le succès des expériences qu'elles soient bien trempées. Ces tranches ou rouelles, que j'appellerai disques mouillés, je les fais un peu plus petits que les disques ou plateaux métalliques, afin qu'interposés à ceux-ci de la manière que je dirai bientôt, ils n'en débordent pas.

« Ayant sous ma main toutes ces pièces en bon état, c'est-à-dire les disques métalliques bien propres et secs, et les autres non métalliques bien imbibés d'eau simple, ou, ce qui est beaucoup mieux, d'eau salée, et essuyés ensuite légèrement pour que l'humeur n'en dégoutte pas, je n'ai plus qu'à les arranger comme il convient, et cet arrangement est simple et facile.

« Je pose donc horizontalement sur une table ou base quelconque, un des plateaux métalliques, par exemple un d'argent, et sur ce premier j'en adapte un de zinc; sur ce second je couche un des disques mouillés, puis un autre plateau d'argent, suivi immédiatement d'un autre de zinc, auquel je fais succéder encore un disque mouillé. Je continue ainsi de la même façon, accouplant un plateau d'argent avec un de zinc, et toujours dans le même sens, c'est-à-dire toujours l'argent dessous et le zinc dessus, ou *vice versâ* selon que j'ai commencé, et interposant à chacun de ces couples un disque mouillé : je continue, dis-je, à former de ces étages une colonne aussi haute qu'elle peut se soutenir sans s'écrouler.

« Or, si elle parvient à contenir environ vingt de ces étages ou couples de métaux, elle sera déjà capable, non-seulement de faire donner des signes à l'électromètre de Cavallo, aidé du condensateur au delà de dix ou quinze degrés, de charger ce condensateur au point de lui faire donner une étincelle, etc., mais aussi de frapper les doigts avec lesquels on vient toucher ses deux extrémités (la tête et le pied d'une telle colonne), d'un ou de plusieurs petits coups, et plus ou moins fréquents, selon qu'on réitère ces contacts; chacun desquels corps ressemble parfaitement à cette légère commotion que fait éprouver une bouteille de Leyde faiblement chargée, ou une batterie chargée plus faiblement encore, ou enfin une torpille extrêmement languissante, qui imite encore mieux les effets de mon appareil par la suite des coups répétés qu'elle peut donner sans cesse. »

La dernière partie de cette lettre de Volta au président de

la *Société royale de Londres* contient la description d'une nouvelle disposition de la pile, celle qui a reçu le nom d'*appareil à couronne de tasses*, avec quelques détails sur les sensations produites par cet appareil dans les organes du toucher, de la vue, de l'ouïe et du goût. Volta indiquait en même temps les précautions minutieuses qu'il fallait prendre pour communiquer à une chaîne formée de deux ou plusieurs personnes, la commotion électrique ; car l'inventeur considérait surtout cet instrument comme propre à remplacer, dans ce dernier but, les batteries formées de bouteilles de Leyde.

« Tous les faits que j'ai rapportés dans ce long écrit, touchant l'action que le fluide électrique, incité et mû par mon appareil, exerce sur les différentes parties du corps que son courant envahit et traverse... tous ces faits, déjà assez nombreux et d'autres qu'on pourra encore découvrir, en multipliant et variant les expériences de ce genre, vont ouvrir un champ assez vaste de réflexions, et des vues non-seulement curieuses, mais intéressant particulièrement la médecine. Il y en aura pour occuper l'anatomiste, le physiologiste et le praticien (1). »

Les réflexions se pressent en foule à la lecture de cette lettre de l'inventeur de la pile ; et, n'hésitons pas à le dire, elles ne sont pas toutes en faveur du génie de Volta.

Dans les nombreux essais auxquels il avait soumis pendant plusieurs mois l'appareil qui devait être bientôt une mine inépuisable de découvertes, le physicien de Côme n'avait reconnu, on peut le dire, que ce qui pouvait frapper les yeux d'un expérimentateur vulgaire. Pour lui, la pile électrique n'est qu'un instrument propre à exciter des commotions dans nos organes, c'est une bouteille de Leyde qui jouit de la propriété de se recharger d'elle-même après chaque émission de fluide. On a beau tourner et retourner l'im-

(1) Alex. Volta, *Letter to sir J. Banks*. loc. cit., p. 429.

portant mémoire dont nous venons de citer le texte, on n'y trouve mentionnés que les résultats produits sur les corps vivants par ce nouvel appareil, que l'inventeur voudrait appeler, par cette considération, *organe électrique artificiel.* Aussi éprouve-t-on, en parcourant ce document, trop peu connu, un singulier mécompte. Ce qui étonne, en effet, ce ne sont pas les observations qu'on y trouve, mais bien celles qu'on n'y rencontre pas, et que Volta aurait dû, à ce qu'il semble, faire nécessairement en maniant cet instrument pour la première fois.

Égaré par sa pensée dominante du développement de l'électricité par le simple contact, Volta rapporte à cette cause les effets de son appareil ; il repousse formellement toute intervention de l'action chimique, qui constituait pourtant la véritable source de ses effets :

« L'action qui met le fluide électrique en mouvement, écrit-il, ne s'exerce pas, comme on l'a cru faussement, au contact de la substance humide avec le métal, ou bien il ne s'en exerce là qu'une très-petite qu'on peut négliger, en comparaison de celle qui s'exerce au contact entre des métaux différents. Par conséquent, le véritable élément de mes appareils à pile est le simple couple métallique formé de deux métaux différents, et non pas une substance humide appliquée à une substance métallique ou comprise entre deux métaux différents. Les *couches humides* dans les appareils composés (1) *ne sont donc là que pour faire communiquer l'un à l'autre tous les couples métalliques* rangés de manière à pousser le fluide électrique dans une direction, de façon qu'il n'y ait pas d'action en sens contraire. »

Volta, décrivant les effets de la pile, reconnaît qu'ils prennent plus d'intensité en substituant à l'eau pure des liquides acides ou salins ; mais il attribue ce fait à ce que ces liquides sont de meilleurs conducteurs que l'eau.

(1) C'est la pile que Volta désigne sous ce nom.

« On peut déjà obtenir des commotions, écrit-il, avec un appareil de trente et même de vingt couples, pourvu que les métaux soient suffisamment nets et propres, et surtout que les couches humides interposées ne soient pas de l'eau simple et pure, mais une solution saline assez chargée. Ce n'est pourtant pas que ces humeurs salines augmentent proprement la force électrique ; *elles facilitent seulement le passage et laissent un plus libre cours au fluide électrique, étant beaucoup meilleurs conducteurs que l'eau simple, comme plusieurs expériences le démontrent.* »

Ainsi, le principe erroné qui avait conduit Volta à la découverte de la pile, c'est-à-dire le développement de l'électricité par le contact, survivait, dans l'esprit de l'inventeur, à l'expérience même de cet appareil. Dans le jeu de la pile, il prétendait encore trouver la démonstration de la vérité de ce principe, qui revient pourtant, comme nous le verrons plus tard, à admettre l'existence du mouvement perpétuel.

On se demande aujourd'hui avec surprise comment Volta, pendant les diverses expériences qu'il avait faites avec son appareil, et dont il expose les résultats dans sa *Lettre à Joseph Banks*, n'avait observé aucun des faits nombreux qui renversaient sa théorie.

Volta n'a pas remarqué (il n'en parle pas du moins) la diminution rapide qui survient dans l'intensité des effets de la pile, après les premières minutes d'une action énergique. Ce décroissement, qui est une suite naturelle de la diminution d'intensité des effets chimiques s'exerçant entre les métaux et les liqueurs acides composant la pile, ne s'accordait pas avec la constance et le mouvement continu perpétuel qui est propre à la force électro-motrice dans les idées de Volta. La seule diminution qu'il veuille reconnaître dans l'intensité des effets de cet instrument maintenu quelque temps en activité, est celle qui est déterminée par la dessiccation des rondelles de drap mouillé. Encore assure-t-il avoir porté remède à cette cause d'affaiblissement, en encaissant la colonne de dis-

ques dans une couche de résine, de manière à empêcher l'évaporation du liquide qui imbibe les rondelles de drap. Mais dans sa *Lettre à Joseph Banks*, Volta nous fait aussi connaître l'*appareil à couronne de tasses ;* or, avec cette disposition de l'instrument, la diminution graduelle de l'intensité électrique se manifeste tout aussi bien que dans l'*appareil à colonne*, et ici l'évaporation du liquide ne peut être invoquée. Comment donc Volta ne fut-il pas frappé de cet affaiblissement de la pile que l'on observe après un certain temps d'activité ; et comment ne fut-il pas conduit à chercher la cause de cette décroissance ?

Volta n'a rien dit de l'altération profonde que subit l'un des métaux du couple. Il n'a pas remarqué les efflorescences salines qui se forment autour des disques métalliques, et qui consistent en sulfate de zinc provenant de la dissolution du métal par l'eau acidulée. Dans une pile qui a servi quelque temps, toutes les plaques de zinc sont usées et ont perdu de leur masse par suite de la dissolution d'une partie de ce métal dans l'eau acidulée ; les plaques de cuivre restent, au contraire, inattaquées et conservent leur masse primitive. Comment Volta ne fut-il pas frappé de ce fait qui se présentait de lui-même à l'observation ?

Volta nous dit dans sa *Lettre à Joseph Banks* qu'il a déterminé, au moyen du condensateur et de l'électromètre de Cavallo, la nature de deux électricités existant à chacun des pôles de sa pile : il trouva que le pôle zinc donnait l'électricité positive et le pôle argent l'électricité négative. Or, il ne remarqua point qu'en renversant les pôles de l'instrument, c'est-à-dire en supprimant le disque d'argent à la base, et le disque de zinc au sommet de la colonne, le pôle argent devenait positif, et le pôle zinc négatif; ce qui détruisait ses observations et sa théorie.

Volta n'a pas observé non plus, pour nous renfermer dans le domaine de la plus simple expérimentation, le fait, qu'il

était presque impossible de ne pas observer, des décompositions chimiques avec production de gaz qui s'observent pendant le travail des piles un peu énergiques. Il a répété un grand nombre de fois l'expérience du circuit interrompu, avec des appareils de cent vingt couples, les communications étant établies au moyen de lames de cuivre décapé plongeant dans une solution de sel marin, et il n'a remarqué ni la formation de bulles de gaz sur la lame en contact avec le pôle négatif, ni l'oxydation de la lame au pôle positif. Il y a plus : Volta a formé un appareil *à couronnes de tasses* de quatre-vingts couples ; il a laissé les éléments en place pendant un temps fort long, tantôt ouvrant et tantôt fermant le circuit ; et il n'a pas observé le dégagement de l'hydrogène qui s'opère pendant la marche de la pile.

Il nous paraît bien difficile que tant de faits qu'un expérimentateur ne saurait méconnaître, eussent échappé à l'attention de Volta. Il aima mieux sans doute passer ces phénomènes sous silence, que d'appeler la discussion sur des effets secondaires en désaccord avec sa théorie, et qui auraient altéré l'unité de sa doctrine.

Toutes ces observations que Volta n'avait point faites, détourné de cette voie par ses opinions théoriques, ou par la crainte de fournir des armes à ses adversaires, étaient pourtant si simples que les premiers expérimentateurs qui eurent entre les mains le nouvel appareil, les firent presque aussitôt, et eurent ainsi la gloire de parcourir la vaste carrière ouverte par le physicien de Côme et à peine soupçonnée par lui. En voulant mettre la chimie hors de cause dans les effets de la pile, comme il avait déjà voulu écarter la physiologie dans les effets de l'arc de Galvani, Volta s'était ainsi interdit à lui-même le magnifique champ de découvertes que parcoururent ses successeurs.

Comme nous l'avons dit plus haut, Volta avait surtout

présenté son *appareil électro-moteur* comme spécialement propre aux expériences physiologiques. Conséquemment, ce fut un physiologiste, le chirurgien Anthony Carlisle, qui songea le premier, à Londres, à étudier les applications de la pile électrique.

A peine eut-il cet instrument entre les mains, que Carlisle découvrit le grand fait de la décomposition de l'eau par la pile. Ainsi Volta laissa à un chirurgien l'honneur de cette importante découverte. On voit suffisamment, par ce seul fait, combien sont fondées les critiques que nous avons cru pouvoir élever plus haut contre le physicien de Côme et contre la manière dont furent dirigés ses premiers travaux. Voici d'ailleurs comment Carlisle fut amené à cette découverte fondamentale.

Datée du 20 mars 1800, la lettre de Volta à sir Joseph Banks ne parvint à Londres que dans les premiers jours du mois d'avril, et elle n'y arriva pas en entier : on n'en reçut à Londres que les premiers feuillets, c'est-à-dire la partie que nous avons reproduite textuellement. Le reste de la lettre ne parvint à Londres que vers le milieu du mois de juin; ce fut alors seulement que sir Joseph Banks put en donner communication dans une séance de la Société royale. Mais, dès les premiers jours du mois d'avril, il avait communiqué officieusement à divers membres de cette compagnie le fragment qu'il avait reçu. C'est par l'intermédiaire de ce dernier que divers expérimentateurs, en Angleterre, et particulièrement le chirurgien Anthony Carlisle, Cruikshank et Humphry Davy, eurent connaissance de l'*électro-moteur* de Volta. Toutefois il avait expressément stipulé, par les membres de la Société royale, que les expériences qui pourraient être faites, grâce à ces renseignements particuliers, ne seraient rendues publiques que lorsque la lettre du physicien de Côme aurait été publiée en entier, afin de maintenir ses droits à la priorité de cette découverte. On s'explique, d'a-

près cela, que le numéro de juillet 1800 du *Journal philosophique de Nicholson* renferme tout à la fois la lettre de Volta à sir Joseph Banks, et le récit d'une multitude d'expériences qui furent exécutées tout aussitôt par les divers savants qui avaient reçu la description du nouvel appareil.

C'est de cette manière que, dès le 30 avril, le chirurgien Anthony Carlisle put s'empresser de construire lui-même, d'après la description donnée par Volta, cet *organe électrique artificiel* que l'inventeur recommandait d'une manière toute spéciale, comme devant ouvrir à la médecine et à la physiologie une carrière d'observations nouvelles. Carlisle se servit de *demi-couronnes*, monnaie de la valeur de trois francs, pour former les disques d'argent de son appareil; des disques de zinc de même grandeur, et des rondelles de carton imprégnées d'eau salée, lui servirent à le compléter. Avec dix-sept seulement de ces couples, Carlisle éleva une colonne ayant un disque d'argent à la base, et au sommet un disque de zinc. C'est au moyen de cet instrument, d'une simplicité élémentaire et d'une bien médiocre puissance, que Carlisle décomposa l'eau, c'est-à-dire accomplit la plus féconde des découvertes qui aient été faites avec la pile de Volta, car elle dévoila aussitôt à la physique et à la chimie un horizon sans bornes.

Les circonstances particulières qui accompagnèrent une découverte si importante ne doivent pas être passées sous silence.

Ayant, comme nous l'avons dit, construit à la hâte une pile composée de demi-couronnes et de disques de zinc, Carlisle jugea à propos de demander le secours d'un physicien pour les expériences qu'il se proposait de faire concernant l'action de l'électro-moteur sur l'économie animale : il s'adressa, pour cet objet, à Nicholson, son ami.

Nicholson et Carlisle pensèrent avec raison qu'avant toute chose, le premier soin devait consister à reconnaître

l'espèce d'électricité (positive ou négative) qui existait à l'extrémité de la colonne. Ils firent donc communiquer, à l'aide d'un fil de fer, chacune des extrémités de la pile avec le plateau d'un condensateur. L'expérience n'ayant pas donné de résultat satisfaisant, Nicholson soupçonna que ce manque de succès pouvait tenir à ce que le contact entre les fils de fer et les disques de la pile n'était point assez parfait; il crut y porter remède en plaçant quelques gouttelettes d'eau sur le disque de zinc, et y plongeant l'extrémité du fil qui servait à réunir les deux pôles. Mais à peine eut-on ainsi fermé le circuit voltaïque, que l'on vit apparaître dans l'intérieur de cette goutte d'eau, et près de l'extrémité du fil de fer, des bulles excessivement fines de gaz ; en même temps, on crut sentir l'odeur de l'hydrogène. Nicholson et Carlisle devinèrent aussitôt que l'eau avait été décomposée par le courant électrique, et ils résolurent de s'en assurer « en interrompant le circuit par l'introduction d'un tube « plein d'eau entre les extrémités libres des deux fils. »

C'est le 2 mai de l'année 1800 que fut exécutée cette expérience capitale, point de départ de toutes les découvertes modernes sur les décompositions électro-chimiques des corps. Nicholson et Carlisle prirent un tube de verre de 3 décimètres de longueur et de 15 millimètres de diamètre intérieur, qui fut rempli d'eau de source et fermé par des bouchons de liége à ses deux extrémités. On fit passer à travers chacun de ces bouchons un fil de cuivre rouge, et le tube ayant été placé dans une position verticale, le fil de cuivre inférieur fut mis en contact avec le disque d'argent qui formait la base inférieure de la pile à colonne, et le fil supérieur avec le disque de zinc du sommet. Ce petit appareil, très-convenable pour observer le phénomène de la décomposition de l'eau, étant ainsi disposé, on approcha peu à peu l'une de l'autre les pointes des deux fils de cuivre, placés en regard au milieu du tube plein d'eau. Lorsque

ces deux pointes ne furent plus distantes que d'environ 5 centimètres, « une longue traînée de bulles excessivement « fines, dit Nicholson, s'éleva de la pointe du fil inférieur « de cuivre qui communiquait avec le disque d'argent; tan- « dis que la pointe du fil de cuivre opposé devenait terne, « puis jaune orangé, puis noire. » Si l'on amenait au contact les deux pointes de métal, le phénomène s'arrêtait aussitôt, pour recommencer dès qu'on les séparait de nouveau : le dégagement de gaz était d'autant moins abondant que les pointes étaient plus éloignées; et à une certaine distance, que les expérimentateurs ne déterminèrent pas, le dégagement cessait tout à fait.

L'expérience fut prolongée pendant deux heures et demie : il se rassembla au sommet du tube environ un demi-centimètre cube de gaz. Mélangé avec parties égales d'air atmosphérique, ce gaz détona à l'approche d'une bougie : c'était donc du gaz hydrogène. L'eau qui avait servi à cet essai était devenue trouble par la présence de filaments blanchâtres qui, se détachant de l'extrémité du fil supérieur, tombaient au fond du tube et y formaient un précipité d'un gris verdâtre.

C'est ainsi que Nicholson et Carlisle furent amenés à découvrir que l'eau avait été décomposée par le courant de la pile: le gaz hydrogène s'était dégagé au contact de l'un des fils avec l'eau, tandis que l'oxygène, se combinant avec l'autre fil, y formait de l'oxyde de cuivre.

Comme l'oxydabilité du cuivre avait été, sans nul doute, la cause de la formation autour du fil conducteur, de ces nuages verdâtres qui consistaient en oxyde de cuivre hydraté, il était important de reconnaître ce qui se passerait si l'on employait, comme conducteur, un métal inoxydable. Continuant seul cette nouvelle série d'expériences, Nicholson substitua aux fils de cuivre deux fils de platine, introduits, comme dans l'expérience précédente, à travers les deux

bouchons et en regard l'un de l'autre, au milieu de l'eau Le fil de platine, attaché au disque d'argent qui terminait en haut la pile à colonne, donna aussitôt un courant très-abondant de bulles de gaz extrêmement fines; le fil de platine communiquant à l'extrémité zinc produisit aussi une traînée de bulles gazeuses, mais moins abondantes. L'expérience, prolongée pendant quatre heures, ne provoqua dans l'eau aucun dépôt de matières étrangères; les fils de platine n'étaient aucunement altérés par les gaz qui prenaient naissance.

On obtint des résultats en tout semblables en substituant au fil de platine un fil d'or employé comme conducteur.

Ainsi, quand on faisait usage d'un conducteur formé d'un métal non oxydable, l'oxygène, ne pouvant entrer en combinaison avec ce métal, se dégageait, à l'état de liberté, en même temps que l'hydrogène. L'emploi du platine ou de l'or, comme conducteur de la pile, permettait donc d'effectuer l'analyse de l'eau en recueillant à part les deux gaz qui entrent dans sa composition.

Nicholson et Carlisle n'eurent aucune peine à reconnaître que le gaz dégagé au pôle positif était de l'oxygène pur, tandis que le gaz recueilli sur le fil négatif était de l'hydrogène. On obtenait, dans la même expérience, un volume de gaz hydrogène supérieur à celui de l'oxygène, parce que l'eau résulte de la combinaison de 2 volumes du premier de ces gaz pour 1 volume du second.

Nicholson fit cette dernière et belle expérience en réunissant deux piles à colonne, dont l'une contenait 36 couples et l'autre 32 couples de zinc et d'argent, c'est-à-dire 68 couples en tout. Dès que la communication fut établie entre cette pile et les conducteurs de platine, la décomposition de l'eau commença. La pile fut maintenue en action pendant treize heures, et produisit un volume de gaz hydrogène et oxygène d'environ un pouce un quart cube. Au bout de ce

temps, on transvasa chacun des gaz dans deux petits tubes, et l'on mesura la quantité des gaz produits en pesant les deux tubes alternativement pleins d'eau et pleins de gaz.

Par ce moyen d'appréciation, bien imparfait pourtant, on trouva que le gaz oxygène avait déplacé dans la cloche 72 grains d'eau et l'hydrogène 142 grains du même liquide. « Ces deux volumes, ajoute Nicholson, sont à peu près dans « le rapport des parties aliquotes constituantes de l'eau. Ce « rapport est, en effet, d'*une partie en volume* d'oxygène et « de *deux parties en volume* d'hydrogène. » Il n'y avait dans cette analyse qu'une erreur de 2 grains sur 144.

C'est en modifiant d'une manière fort simple l'appareil imaginé par Nicholson pour l'analyse électro-chimique de l'eau, que l'on fait aujourd'hui, dans les cours publics et dans les laboratoires, l'expérience élégante par laquelle on démontre la véritable nature de ce liquide. Dans un verre à pied V contenant de l'eau, et dont le fond renferme une

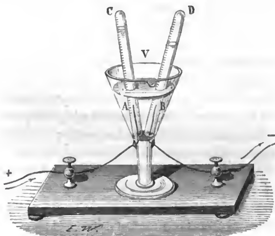


Fig. 17.

masse de cire, qui est traversée par deux fils de platine en rapport avec les pôles d'une pile en activité, on dispose

deux cloches de verre AC, BD, remplies d'eau, et dans lesquelles s'engage l'extrémité des deux fils conducteurs. Les deux cloches sont *graduées*, c'est-à-dire divisées en parties d'un égal volume. L'eau étant décomposée par le courant de la pile, l'hydrogène et l'oxygène se rendent, chacun de son côté, dans la petite cloche disposée pour les recevoir. Il est facile de reconnaître, après l'expérience, et à la seule inspection des deux petites cloches graduées, que l'on a recueilli 2 volumes de gaz hydrogène pour 1 volume d'oxygène.

Un autre expérimentateur, William Cruikshank, à Woolwich, ayant reçu de Nicholson la communication d'une partie de ses expériences, se livra, de son côté, à des recherches du même genre, et obtint aussi d'importants résultats. Après avoir vérifié le fait de la décomposition de l'eau découvert par Nicholson et Carlisle, Cruikshank reconnut que toujours, et quel que fût le conducteur employé, il se formait un acide libre autour de l'extrémité du pôle positif, et qu'en même temps un principe alcalin apparaissait au pôle négatif. Cruikshank saisit avec beaucoup de sagacité la cause de ce phénomène complexe. Il pensa que l'hydrogène mis en liberté par la décomposition de l'eau, et qui se portait au pôle négatif, se combinait avec l'azote de l'air qui se trouve toujours en dissolution dans l'eau, ce qui donnait naissance à de l'ammoniaque, composé auquel était due l'alcalinité manifestée à ce pôle ; et qu'en même temps l'oxygène provenant de la décomposition de l'eau, et qui se portait au pôle positif, s'y combinait avec l'azote de l'air et formait de l'acide azotique, ce qui rendait compte de la formation d'un acide à ce pôle de la pile (1).

Cette première observation de Cruikshank n'était que le prélude de la découverte d'un fait important qui devait

(1) W. Cruikshank, *Some experiments and observations on Galvanic Electricity.* July 1800. — *Additional remarks on Galvanic Electricity.* September. — Nicholson's *Phil. Journ.*, vol. IV, p. 187-254.

bientôt ouvrir une intéressante carrière d'expériences : nous voulons parler du transport des métaux par le courant électrique au pôle négatif de la pile. Déjà Nicholson avait fait une observation de ce genre. En employant pour la décomposition de l'eau par la pile deux conducteurs de cuivre, et en opérant sur de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, il avait observé « un dépôt de cuivre à l'état métallique au-« tour du fil provenant de l'extrémité argent. Ce dépôt, « ajoute-t-il, formait au bout de quatre heures, une sorte de « végétation métallique ramifiée, dont le volume surpassait « de neuf à dix fois celui du fil autour duquel elle était « agglomérée. »

En exécutant une expérience semblable, Cruikshank en tira une conséquence inattendue. Ayant ajouté une petite quantité d'acide acétique à de l'eau pure, dans laquelle plongeaient deux fils d'argent qui servaient de conducteur de la pile voltaïque, il remarqua que l'argent entrait en partie en dissolution, mais qu'il reparaissait bientôt après à l'état métallique, sur le fil négatif, sous la forme de paillettes brillantes, parfaitement semblables à celles que l'on obtient quand on précipite, au moyen d'une lame de cuivre, une dissolution étendue d'azotate d'argent.

Ce phénomène, qui ne devait être bien compris que plus tard, fut soumis par Cruikshank à diverses expériences dans les détails desquelles nous ne saurions entrer ici. Elles mirent en évidence ce fait, que le même courant voltaïque qui décompose l'eau, emportant son hydrogène au pôle négatif, peut décomposer en même temps les oxydes métalliques tenus en dissolution dans cette eau ; — que cette réduction est due à l'hydrogène naissant provenant de la décomposition de l'eau; — et que, dans ce cas, en même temps que l'hydrogène naissant se dégage au pôle négatif, le métal du sel qui fait partie de cette dissolution apparaît avec ce gaz au pôle négatif, et peut s'y déposer sous forme cristalline.

Les expériences qui venaient d'être faites en Angleterre concernant la décomposition électro-chimique de l'eau furent bientôt répétées partout. En France et en Allemagne, l'appareil de Volta, soumis de toutes parts à l'expérience, donnait au même moment les mêmes résultats entre toutes les mains.

Les expériences de Nicholson, dès que la nouvelle en parvint en Allemagne, y furent aussitôt reproduites dans tous les laboratoires. Le chimiste Ritter, de Berlin, fut le premier à s'en occuper (1), et son exemple fut suivi par une foule d'autres. A Berlin, le professeur Hermbstädt; Unger et Müller, à Brieg; enfin le professeur Gilbert et le conseiller (*Hofrath*) Voigt, à Berlin, se livrèrent aux mêmes essais. Gruner et Bockmann s'efforcèrent de mesurer le volume d'hydrogène et d'oxygène obtenu pendant la décomposition électro-chimique de l'eau; mais ce dernier arriva à des chiffres erronés sur le rapport de ces deux gaz formés pendant cette analyse. Pfaff construisit un appareil très-commode pour la décomposition de l'eau. Cet appareil fut modifié avantageusement par Gahn, assesseur à Fahlun. Enfin, le professeur L. Simon donna à la *Société philomatique* de Berlin d'utiles préceptes sur les instruments employés dans les divers cas de décompositions électro-chimiques.

Ces nombreux essais faits en Allemagne touchant les décompositions électro-chimiques des corps étaient le prélude et comme la préparation aux discussions théoriques qui devaient bientôt vivement agiter la science sur les particularités que l'on observe pendant la décomposition électro-chimique de l'eau.

C'est à cette époque, c'est-à-dire vers la fin de l'année 1800, qu'un chimiste anglais, qui devait conquérir dans l'étude de l'électricité une gloire immortelle, entrait pour la

(1) Voigt's *Magazin*, II, 356. — *Annales* de Gilbert, VI, 470.

première fois dans cette voie d'expériences : « Un immense « champ de recherches paraît ouvert par cette découverte, « écrivait, au mois de juillet 1800, Humphry Davy, alors « âgé de vingt-deux ans et attaché à l'*institution pneuma-* « *tique* du docteur Beddoès, à Bristol : puisse-t-il être par- « couru de manière à nous faire connaître quelques-unes « des lois de la vie. »

Les premiers pas du jeune Davy dans l'étude expérimentale de la pile eurent pour résultat d'ébranler, ou du moins de mettre en question la doctrine de Volta, c'est-à-dire le principe du développement de l'électricité par le contact. Le 26 octobre 1800, Humphry Davy exposait ainsi le résultat de ses premiers essais :

« J'ai trouvé, par de nombreuses expériences, que le galvanisme est un procédé purement chimique, et dépend entièrement de l'oxydation de surfaces métalliques qui ont des degrés différents de conductibilité électrique. Le zinc ne décompose pas l'eau *pure*, et si les plaques de zinc sont humectées avec de *l'eau* pure, la pile n'agit pas. Mais le zinc peut s'oxyder, étant en contact avec de l'eau qui tient en solution de l'oxygène de l'air atmosphérique ou des acides ; la pile agit alors, et son intensité est en proportion de la vitesse avec laquelle le zinc s'oxyde.

« La pile n'agit que pendant quelques minutes, quand on l'introduit dans du gaz hydrogène, dans de l'azote ou dans de l'hydrogène carboné ; elle n'agit alors que le temps tout juste pendant lequel l'eau qui sépare ses couples tient de l'oxygène en dissolution... Elle agit très-vivement dans le gaz oxygène. Quand les couples sont humectés d'acide chlorhydrique, l'action de la pile est très-puissante ; mais elle l'est infiniment plus quand on emploie l'acide nitrique. Cinq couples avec de l'acide nitrique donnent des étincelles égales à celles de la pile ordinaire ; avec vingt couples la secousse était insupportable. »

Dans sa première communication à la *Société royale*, en date du 18 juin 1801, Davy, entre autres faits nouveaux, avait montré qu'on pouvait construire une pile avec un seul

métal placé entre deux liquides différents, pourvu toutefois que l'oxydation n'eût lieu que sur une seule surface de ce métal.

A la séance suivante, Wollaston présenta un travail très-important sur lequel nous aurons à revenir, et qui tendait à prouver que l'oxydation du métal était la cause première des phénomènes voltaïques. Wollaston confirma, du reste, les rapprochements établis par Volta entre l'électricité statique et l'électricité dynamique. Il réussit à reproduire en petit, par l'électricité ordinaire, les effets chimiques de l'électricité voltaïque, tels que la décomposition de l'eau et de certains oxydes. Il fit voir qu'il suffisait pour cela de diminuer excessivement les dimensions du fil plongé dans le liquide, de manière à concentrer en un seul point l'action trop peu prolongée de la machine électrique ordinaire (1).

Wollaston alla même jusqu'à rapporter à un fait chimique, c'est-à-dire à l'oxydation, la production de l'électricité dans les machines électriques ordinaires. Appelant l'attention sur l'*enduit métallique*, dont on a reconnu la nécessité pour les frottoirs; il annonçait que les machines électriques ne se chargent pas dans le gaz hydrogène, ni dans les divers gaz qui n'exercent sur l'enduit des coussins aucune action chimique.

Ainsi, dès les premiers temps où la pile fut soumise à l'expérience, dès que les chimistes furent à même d'en observer les effets, la théorie de Volta soulevait des objections ou de graves répugnances; à peine née et précisée, elle était déjà attaquée, soit dans sa base même, soit dans

(1) Wollaston décomposa l'eau en la soumettant, dans un tube, à l'action de deux fils métalliques d'*un centième de pouce* de diamètre, espacés entre eux d'un huitième de pouce, et pouvant être mis au dehors en communication avec les deux garnitures d'une petite bouteille de Leyde. A chaque décharge de la bouteille, quand l'étincelle jaillissait entre ces fils, l'oxygène et l'hydrogène de l'eau étaient mis en liberté et se dégageaient à l'état de gaz.

ses détails. Les mêmes difficultés que Davy et Wollaston élevaient en Angleterre contre le principe de la force électro-motrice, étaient exposées en France par Gautherot, et en Russie par Parrott. Volta sentit le besoin de se porter à la défense de sa théorie menacée. Pour faire connaître exactement à l'Europe savante sa découverte et ses idées, il prit la résolution de se rendre à Paris, qui était alors comme aujourd'hui le foyer brillant et privilégié d'où rayonnaient sur le monde entier les vérités nouvelles acquises à la science.

CHAPITRE IV

Volta à Paris. — Lecture de son mémoire à l'Institut. — Proposition du premier consul Bonaparte. — Rapport de M. Biot sur le mémoire de Volta. — Médaille d'or décernée à Volta par l'Institut de France. — Prix annuels fondés par l'empereur Napoléon pour les travaux relatifs au galvanisme. — Suite des recherches des physiciens sur la pile. — Modifications de la pile à colonne. — La pile à auge. — Effets physiques obtenus avec la pile à auge, par Tromsdorf, Humphry Davy et Pepys.

Dans les derniers mois de l'année 1800, Volta et son collègue le professeur Brugnatelli, obtinrent du gouvernement cisalpin l'autorisation de se rendre en France, pour conférer avec les physiciens de la capitale sur divers points scientifiques, et en particulier sur les phénomènes de la pile. En passant à Genève, Volta fit fonctionner son appareil devant le nombreux auditoire qui se pressait alors aux leçons de Pictet. Arrivé à Paris, il fut reçu avec la plus grande faveur par le premier consul Bonaparte, qui avait conçu une très-haute estime pour ses talents.

Le physicien d'Italie lut devant l'Institut national de

France un mémoire très-développé qui contenait l'exposé de l'ensemble de ses découvertes, et qui occupa trois séances consécutives : le 16 brumaire an IX (novembre 1800), le 18 et le 20 du même mois. Après chaque séance de lecture, Volta exécutait devant les membres de l'Institut les expériences décrites dans son mémoire (1).

Le premier consul assistait à la deuxième de ces séances et aux expériences qui la suivirent. Volta répéta devant lui son expérience fondamentale, qui consiste à obtenir sur l'électroscope à feuilles d'or, à l'aide du condensateur, des signes d'électricité avec deux métaux différents isolés, mis en contact et séparés aussitôt. Au moyen d'une pile à colonne de quatre-vingt-huit disques, zinc et argent, Volta produisit ensuite de très-fortes commotions ; il obtint des étincelles avec le secours du condensateur, et fit brûler un fil de fer. Par une étincelle tirée d'un conducteur de la pile, il fit partir un pistolet à gaz hydrogène. Il termina en exécutant la décomposition électro-chimique de l'eau.

Cette dernière expérience frappa d'admiration le premier consul, qui signala même certaines recherches à faire à ce sujet. Bonaparte aurait désiré, par exemple, qu'à des températures très-opposées, on fît comparativement la même expérience sur l'action de la pile, afin de s'assurer si le calorique accélère ou retarde le passage de l'électricité à travers les métaux et les conducteurs humides. Il aurait voulu que l'on recherchât si la propriété conductrice des métaux varie selon leur état physique, et que l'on portât une attention particulière, à ce point de vue, sur le fer, qui affecte des états physiques très-variés. Un fil de fer, cassant ou ductile, un fil d'acier, employés comme conducteur d'une même pile,

(1) On trouve une analyse de ce travail de Volta dans le tome II, p. 267, de l'ouvrage de P. Sue, improprement nommé par l'auteur *Histoire du galvanisme*, car il ne se compose que de l'analyse des mémoires publiés sur ce sujet jusqu'à l'année 1805.

auraient pu fournir peut-être quelques résultats, propres à éclairer la théorie électrique.

Le physicien Robertson, dont nous aurons à parler dans une des Notices de cet ouvrage (1), eut une part à ces expériences faites devant l'Institut. Nous citerons ce qu'il dit, à cet égard, dans ses *Mémoires*, parce que son récit présente quelques particularités intéressantes :

« M. de Volta, écrit Robertson, me pria de l'accompagner à cette séance ; retenu par mes expériences publiques, je ne pouvais être libre que fort tard. M. Biot vint me chercher et me dit que l'Institut désirait que je répétasse en sa présence quelques-unes de mes expériences : je n'avais pas encore fini avec mes auditeurs, il eut l'obligeance d'attendre assez longtemps, et nous partîmes. Arrivés sous la porte du Louvre, on empêcha notre voiture d'entrer. Les avenues du palais, où l'Institut siégeait alors, étaient gardées par un grand nombre de militaires; il fallut l'ordre d'un officier supérieur pour nous laisser monter. Je ne savais trop à quoi attribuer cet appareil de forces; aussi, en entrant dans la salle des séances, lançai-je un regard rapide sur toute l'assemblée. Les membres de l'Institut, debout et découverts, étaient rangés autour d'une grande table ronde, et M. de Volta expliquait sa théorie : on apportait à l'écouter une vive attention. Lorsqu'il cita comme preuve de l'identité de l'électricité et du galvanisme l'inflammation du gaz hydrogène par l'étincelle galvanique, il eut l'obligeante précaution de dire que j'avais fait le premier cette expérience, et il m'engagea à vouloir bien la répéter devant l'Institut. On se procura aussitôt du gaz hydrogène dans le cabinet de M. Charles, situé à côté de la salle des séances.

« La détonation du pistolet de Volta sembla réveiller un membre placé à l'autre extrémité de la salle, inattentif en apparence, dont l'imagination planait peut-être en cet instant sur le monde entier et à cent lieues du galvanisme, tandis que la sagacité de son esprit s'occupait à démêler la nature des effets de ce fluide. Il parut sortir subitement d'une profonde préoccupation, et me fixa particulièrement, sans doute à cause du bruit que l'arme électrique venait de produire par mes

(1) *Les Aérostats*, tome IV, chap. VI.

mains ; puis, se tournant vers un membre placé assez près de lui :

« Fourcroy, lui dit-il, voici des phénomènes qui appartien-
« nent plus à la chimie qu'à la physique, et dont vous devez
« vous emparer. »

« Distinction très-juste, et qu'une foule d'applications ont rendue évidente par la suite. C'est ainsi que je vis pour la première fois le premier consul Bonaparte : quelles destinées extraordinaires étaient encore dans le néant pour cet homme déjà environné à cette époque d'un destin si brillant (1) ! »

Lorsque Volta eut terminé ses expériences, Bonaparte proposa, comme membre de l'Institut, de lui décerner une médaille d'or qui servirait de monument et constaterait l'époque de sa découverte. Il demanda aussi qu'une commission fût nommée, pour répéter en grand toutes les expériences relatives au galvanisme (2).

(1) *Mémoires récréatifs, scientifiques et anecdotiques du physicien-aéronaute Robertson.* Paris, 1840, t. Ier, p. 256.

(2) S'il faut en croire Robertson, les physiciens de Paris étaient demeurés jusque-là assez étrangers à la connaissance des phénomènes du galvanisme. C'est ce que semblerait prouver la singulière réception qui fut faite à Volta par le physicien Charles, et que Robertson raconte d'une manière assez piquante :

« Un jour, dit Robertson, c'était le 9 vendémiaire an IX, pendant mes expériences publiques sur le galvanisme, j'exprimais mes doutes à cet égard, et j'énumérais les différences que j'apercevais encore entre le fluide électrique et le fluide galvanique, lorsqu'un de mes auditeurs se leva et me dit que *M. de Volta, ici présent, aurait beaucoup de plaisir à dissiper les doutes qui me restaient.* L'interlocuteur était le docteur Brugnatelli; il avait accompagné le célèbre Volta dans un voyage qu'ils avaient obtenu du gouvernement cisalpin la permission de faire à Paris pour conférer avec les savants de France sur divers objets scientifiques, et principalement sur les découvertes de la pile galvanique. J'acceptai avec empressement l'offre honorable de M. Volta.

« Le lendemain matin, il se présenta de bonne heure chez moi, portant dans sa poche de petits appareils galvaniques et une grenouille vivante. Nous passâmes la matinée entière à faire des expériences dont aucune ne réussit. Volta accusait l'humidité de l'air de ces mauvais résultats ; pour moi, je les imputai, avec plus de raison, à l'imperfection de ses conducteurs métalliques. Mais il m'exposa sa théorie d'une manière si lumineuse, développa ses aperçus, ses observations et leurs

La commission qui fut désignée pour reproduire les expériences de Volta et statuer sur le projet d'une médaille d'or à décerner à l'inventeur de la pile, était composée de Laplace, Coulomb, Hallé, Monge, Fourcroy, Vauquelin, Pelletan, Charles, Brisson, Sabatier, Guyton et Biot. Après avoir répété les principales expériences de Volta, la commission choisit pour son rapporteur M. Biot, qui s'acquitta

conséquences avec tant de clarté, que ma conviction n'attendit pas des expériences plus favorables, et je devins un partisan d'autant plus sincère de son système que lui ayant été plus opposé d'abord, j'avais cédé à la seule démonstration de la vérité; je contribuai même, par quelques résultats nouveaux, à la rendre encore plus palpable.

« M. de Volta ne s'en tint pas à cette première visite, et des liaisons de bienveillance de sa part, que je puis même dire réciproquement amicales, s'établirent entre nous. Mon cabinet lui offrit d'utiles ressources sous le rapport des appareils.

« M. de Volta me pria de lui servir de guide à Paris, et je m'empressai de le conduire dans les établissements où la découverte du galvanisme devait avoir pénétré, à l'École de médecine, à l'École polytechnique, dans le cabinet de M. Charles. Mais quel fut son étonnement de voir que je fusse le seul dans Paris à m'occuper de cette belle découverte ! L'Institut même paraissait n'avoir fait ou encouragé aucun essai sur ce sujet. M. Charles nous fit une réception très-singulière; il ne s'attendait nullement à notre visite. Je lui nommai et lui présentai M. de Volta, qui était jaloux de s'entretenir de ses travaux avec un physicien aussi distingué. M. Charles laissa paraître aussitôt beaucoup d'embarras et même de la confusion : il était, nous dit-il, on ne peut plus désolé d'être pressé de sortir et de ne pouvoir profiter d'une occasion si avantageuse ; mais on l'attendait et il se trouvait en retard. Il ajouta d'ailleurs que nous étions maitres absolus dans son cabinet, et qu'il en mettait tous les objets à notre disposition. Après ce peu de mots, auxquels il semblait ne pas demander de réponse, il nous salua et sortit. Restés seuls dans ce cabinet, nous nous regardâmes l'un l'autre avec des yeux ébahis. « Que ferons-nous ici ? me dit Volta. Voici un très-beau cabinet, mais « le but de notre démarche n'était point d'admirer des instruments de « physique. Il n'y a point dans cette atmosphère, continua-t-il en riant, « d'odeur de galvanisme. » Il devinait juste ; M. Charles ne l'avait pas plus étudié alors que les autres physiciens de France. Ce qui confirma nos conjectures, c'est qu'étant montés en fiacre, nous aperçûmes, en nous en retournant, M. Charles qui épiait notre départ d'une boutique de librairie de la rue du Coq, et reprit le chemin de son cabinet dès que notre voiture se fut un peu éloignée. » (*Mémoires de Robertson*, t. Ier, p. 250-253.)

de ce devoir dans la séance du 11 frimaire an IX (décembre 1800), dans un rapport qui reproduisait tous les traits du mémoire de Volta, avec une concision et une clarté parfaites.

Si nous ne sommes entré dans aucun détail sur le mémoire lu à l'Institut par Volta, nous ne saurions passer sous silence le rapport de M. Biot, document important à conserver parce que l'on y trouve pour la première fois exactement définie la théorie de la force électro-motrice (1).

Le fait principal sur lequel repose la théorie de Volta est le suivant : Si l'on met en contact deux métaux différents, isolés au moyen d'une tige de verre, on trouve, en les retirant aussitôt, qu'ils se sont chargés chacun d'une électricité différente. Dans le contact du cuivre et du zinc, le cuivre se charge d'électricité négative et le zinc devient positif. Ce fait prouve donc que le développement de l'électricité est indépendant de l'action de tout conducteur humide (2).

M. Biot expose ensuite comment on se rend compte de ce fait, dans la théorie de Volta, et il donne une analyse complète de la pile, et de la loi qui paraît présider à la tension électrique de cet instrument, selon le nombre des couples, leur conductibilité, et la conductibilité propre aux corps humides.

« Tel est à peu près, dit M. Biot, le précis de la théorie du citoyen Volta sur l'électricité que l'on a nommée *galvanique*.

(1) *Rapport du citoyen Biot sur les expériences de Volta*, imprimé dans les *Mémoires de l'Institut national de France*, t. V, et reproduit en entier dans les *Annales de chimie*, t. XLI, p. 3.

(2) On verra plus loin, à l'article de la pile, que ce fait qui sert de base à la théorie de Volta est inexact. Wollaston, et plus tard MM. de la Rive et Faraday, ont prouvé que l'électricité qui se manifeste dans le contact des métaux en présence de l'air provient de l'oxydation de l'un des métaux par l'oxygène atmosphérique. Quand on exécute cette expérience dans le vide, ou dans un gaz autre que l'oxygène, le contact des deux métaux ne produit plus aucun effet électrique.

Son but a été de réduire tous les phénomènes à un seul, dont l'existence est maintenant bien constatée : c'est le développement de l'électricité métallique par le contact mutuel des métaux. Il paraît prouvé, par ces expériences, que le fluide particulier auquel on attribua, pendant quelque temps, les contractions musculaires et les phénomènes de la pile, n'est autre chose que le fluide électrique ordinaire, mis en mouvement par une cause dont nous ignorons la nature, mais dont nous voyons les effets.

« Après avoir reconnu et évalué, pour ainsi dire, par approximation l'action mutuelle des éléments métalliques, il reste à la déterminer, d'une manière rigoureuse, à chercher si elle est constante pour les mêmes métaux, ou si elle varie avec les qualités d'électricité qu'ils contiennent, et avec leur température. Il faut évaluer, avec la même précision, l'action propre que les liquides exercent les uns sur les autres, et sur les métaux. C'est alors que l'on pourra établir le calcul sur des données exactes, s'élever ainsi à la véritable loi que suivent, dans l'appareil du citoyen Volta, la distribution et le mouvement de l'électricité, et compléter l'explication de tous les phénomènes que cet appareil présente. Mais ces recherches délicates exigent l'emploi des instruments les plus précis qu'aient inventés les physiciens pour mesurer la force du fluide électrique. Enfin, il reste à examiner les effets chimiques de ce courant électrique, son action sur l'économie animale, et ses rapports avec l'électricité des minéraux et des poissons ; recherches qui, d'après les faits déjà connus, ne peuvent être que très-importantes. »

Dans l'une des trois notes qui suivent ce rapport, M. Biot essaye de soumettre au calcul la pile voltaïque d'après la théorie du contact. Mais il ajoute, ce qui ne surprendra personne, que les résultats calculés ne purent jamais s'accorder très-bien avec les observations. M. Biot se tirait de cette difficulté en ajoutant que ce désaccord tenait sans doute à l'imparfaite conductibilité des liquides employés dans la pile, élément dont il est impossible de tenir compte.

M. Biot terminait son rapport en proposant d'offrir à

Volta une médaille d'or, conformément à la demande du premier consul :

« D'après la demande qui a été faite par un de vos membres (le premier consul), et que vous avez renvoyée à la commission, nous vous proposons d'offrir au citoyen Volta la médaille de l'Institut, en or, comme un témoignage de la satisfaction de la classe, pour les belles découvertes dont il vient d'enrichir la théorie de l'électricité, et comme une preuve de sa reconnaissance pour les lui avoir communiquées. »

Cette médaille portait pour inscription : A VOLTA, SÉANCE DU 11 FRIMAIRE AN IX.

Le même jour, Volta reçut du premier consul une somme de 6000 francs pour ses frais de route.

« Le professeur de Pavie, nous dit Arago, dans son *Éloge de Volta*, était devenu pour Napoléon le type du génie. Aussi le vit-on, coup sur coup, décoré des croix de la Légion d'honneur et de la Couronne de fer ; nommé membre de la consulte italienne ; élevé à la dignité de comte et à celle de sénateur du royaume lombard. Quand l'Institut italien se présentait au palais, si Volta, par hasard, ne se trouvait pas sur les premiers rangs, les brusques questions : « Où est Volta? serait-il malade? pourquoi n'est-il pas venu? » montraient avec trop d'évidence, peut-être, qu'aux yeux du souverain les autres membres, malgré tout leur savoir, n'étaient que de simples satellites de l'inventeur de la pile. « Je ne saurais consentir, « disait Napoléon en 1804, à la retraite de Volta. Si ses fonc- « tions de professeur le fatiguent, il faut les réduire. Qu'il « n'ait, si l'on veut, qu'une leçon à faire par an ; mais l'uni- « versité de Pavie serait frappée au cœur le jour où je per- « mettrais qu'un nom aussi illustre disparût de la liste de ses « membres ; d'ailleurs, ajoutait-il, un bon général doit mou- « rir au champ d'honneur (1). »

Le départ de Volta n'avait rien enlevé de l'enthousiasme du premier consul pour les effets de la pile. Il était con-

(1) Arago, *Notices biographiques*, t. I, p. 234.

vaincu que l'on ferait un jour les applications les plus brillantes du galvanisme pour l'explication des faits les plus importants de la nature, et qu'il servirait même à dévoiler la cause des phénomènes de la vie. La surprise et l'admiration que Bonaparte avait éprouvées quand le savant italien l'avait rendu témoin, pour la première fois, des effets de la pile, s'accrurent encore lorsqu'on répéta devant lui les expériences de décompositions chimiques qui venaient d'être faites en Angleterre par Cruikshank. Il fut frappé d'étonnement en voyant le transport des éléments des sels à leurs pôles respectifs. Après un instant de silence, se tournant vers Corvisart, son médecin :

« Docteur, dit-il, voilà l'image de la vie : la colonne vertébrale est la pile ; le foie, le pôle négatif ; la vessie, le pôle positif (1). »

Le désir qu'éprouvait Bonaparte d'encourager les travaux relatifs au galvanisme se traduisit, bientôt après, par la fondation d'un prix annuel en faveur du physicien qui aurait réalisé la découverte la plus importante dans cette nouvelle partie de la physique. Le 26 prairial an x (juin 1801), peu de temps après la bataille de Marengo, Napoléon écrivit d'Italie à Chaptal, alors ministre de l'intérieur, la lettre suivante, qui fut transmise par ce dernier à la classe des sciences mathématiques et physiques de l'Institut :

« J'ai intention, citoyen ministre, de fonder un prix consistant en une médaille de trois mille francs, pour la meilleure expérience qui sera faite dans le cours de chaque année sur le fluide galvanique ; à cet effet les mémoires qui détailleront lesdites expériences seront envoyés, avant le 1er fructidor, à la première classe de l'Institut national, qui devra, dans les jours

(1) Becquerel, *Traité expérimental de l'électricité et du magnétisme*, 1834, t. I, p. 108 : « Je tiens ces détails, ajoute M. Becquerel, de Chaptal, témoin oculaire. Quoique cette comparaison ne soit pas exacte, on ne peut s'empêcher de soupçonner que quelque effet semblable peut se produire dans la nature organique. »

complémentaires, adjuger le prix à l'auteur de l'expérience qui aura été la plus utile à la marche de la science.

« Je désire donner en encouragement une somme de soixante mille francs à celui qui, par ses expériences et ses découvertes, fera faire à l'électricité et au galvanisme un pas comparable à celui qu'ont fait faire à ces sciences *Franklin* et *Volta*, et ce, au jugement de la classe.

« Les étrangers de toutes les nations seront également admis au concours.

« Faites, je vous prie, connaître ces dispositions au président de la première classe de l'Institut national, pour qu'elle donne à ces idées les développements qui lui paraîtront convenables ; mon but spécial étant d'encourager et de fixer l'attention des physiciens sur cette partie de la physique, qui est, à mon sens, le chemin de grandes découvertes.

« BONAPARTE. »

Aux termes de cette lettre, la classe des sciences mathématiques et physiques de l'Institut nomma une commission composée de Laplace, Hallé, Coulomb et Biot, pour tracer le programme du concours proposé par le premier consul. Le 11 messidor suivant (1er juillet 1801), M. Biot fit un rapport dans lequel il était proposé, au nom de la commission : 1° Que le concours général demandé par le premier consul fût ouvert par l'Institut national; 2° que tous les savants de l'Europe, les membres même et les associés de l'Institut fussent admis à concourir. L'Institut n'exigeait pas que les mémoires lui fussent directement adressés. Il annonçait devoir couronner chaque année l'auteur des expériences les plus remarquables qui seraient venues à sa connaissance, et qui auraient contribué aux progrès de l'électricité. On ajoutait enfin, en ce qui concerne le prix extraordinaire de soixante mille francs : « Le grand prix sera décerné à « celui dont les découvertes formeront, dans l'histoire de « l'électricité et du galvanisme, une époque mémorable. »

Ce rapport fut adopté à l'unanimité dans la séance publique de l'Institut du 17 messidor, et rendu public par un

programme imprimé qui contenait les mêmes dispositions.

Ce prix extraordinaire de soixante mille francs, si solennellement proposé, n'a jamais été décerné. A la fin de l'an XI, une commission de l'Institut examina les mémoires publiés depuis l'an IX sur l'électricité; mais, n'ayant remarqué aucun travail qui lui parût digne de cette distinction, elle proposa de remettre le prix à l'année suivante, en doublant la somme, afin d'engager les expérimentateurs à donner à leurs recherches toute l'étendue et toute la perfection désirables.

Le prix ne fut pas décerné davantage l'année suivante. Dans la discussion qui eut lieu sur ce sujet, quelques voix demandèrent qu'il fût partagé; on finit cependant par décider que les travaux des concurrents ne renfermaient pas de découvertes assez nouvelles, et le prix ne fut point adjugé.

Comme nous le verrons bientôt, le prix ordinaire de trois mille francs fut seul décerné quelques années après; il servit à couronner les travaux de Davy.

En 1801, les physiciens, entrant avec ardeur dans l'étude expérimentale des effets de la pile, obtinrent des résultats fort curieux quant à ses effets physiques.

Tromsdorff, en Allemagne, en faisant usage d'une pile de cent quatre-vingts couples, détermina de très-beaux phénomènes de combustion. En interposant entre les deux pôles de la pile des feuilles d'or, d'argent et de cuivre, il enflamma ces divers métaux.

Le physicien hollandais Van Marum avait fait construire une machine électrique à frottement de dimensions gigantesques, et qui lui servit à faire sur l'électricité statique les expériences les plus remarquables que l'on possède dans cette partie de la physique (1). En faisant usage d'une partie

(1) Ces expériences sont rapportées dans l'ouvrage de Van Marum : *Description d'une très-grande machine électrique placée dans le musée*

de la grande machine du musée de Teyler à Haarlem, Van Marum et Pfaff comparèrent l'électricité fournie par la colonne de Volta avec celle que produisent les machines électriques à frottement. Ils mirent hors de doute l'identité de l'électricité fournie par la pile voltaïque avec celle que donnent les machines ordinaires à frottement.

Ce sont les expériences de Van Marum et de Pfaff, faites en novembre 1801, qui amenèrent les physiciens à abandonner l'usage de la pile à colonne, et à substituer à l'appareil primitif de Volta des dispositions plus commodes. Van Marum et Pfaff avaient construit pour leurs expériences des piles à colonne d'une grande puissance, qui contenaient jusqu'à soixante-dix couples superposés. Mais ils ne tardèrent pas à reconnaître qu'il était impossible d'obtenir, avec des colonnes d'une plus grande hauteur, même avec les plus larges couples, des effets proportionnés au nombre de ces couples. Quand on faisait usage, pour composer une pile à colonne, d'un nombre considérable d'éléments, les rondelles de drap ou de carton mouillé ne s'accommodaient pas de ce surcroît de poids; les disques supérieurs comprimaient les rondelles de drap de la partie inférieure de la colonne, et en exprimaient tout le liquide, qui coulait le long de l'appareil et contrariait son action, parce qu'il mettait en communication tous les couples.

Van Marum imagina alors de diviser la colonne en plusieurs plus petites, reliées entre elles par un conducteur commun, ainsi que l'avait déjà fait d'ailleurs Nicholson en Angleterre, dans son expérience de la décomposition de l'eau. Mais quand on vint à augmenter les dimensions des plaques métalliques, on reconnut que cette division de

de Teyler à Haarlem, et des Expériments faits par le moyen de cette machine, par Martinus Van Marum, directeur du musée de Teyler, traduit en français, avec le texte hollandais en regard. 1 vol. in-4°, avec planches. Haarlem, 1785.

l'appareil ne présentait pas de grands avantages. Quand on voulait prolonger la durée de l'expérience, les rondelles de carton perdaient presque tout leur liquide par le poids des disques supérieurs ; cette disposition n'avait donc remédié qu'en partie à l'inconvénient qu'il s'agissait d'éviter.

Cruikshank résolut parfaitement le problème, en rendant horizontale la pile verticale de Volta. Au lieu de superposer les couples métalliques, comme on l'avait fait jusque-là, il les disposa horizontalement dans une longue boîte de bois, enduite à l'intérieur d'un mastic isolant. Les couples circulaires furent remplacés par des plaques rectangulaires de cuivre et de zinc, scellées au moyen d'un mastic dans des rainures pratiquées aux parois de la boîte. Espacés de quelques lignes, les couples formèrent chacun la cloison d'une petite case ou d'une auge, où l'on plaça, au lieu de rondelles humectées, le liquide même dont on avait précédemment imprégné les rondelles. Cet appareil de Cruikshank, si commode dans la pratique, reçut le nom de *pile à auges.*

Cette nouvelle disposition de l'appareil électro-moteur permit d'obtenir des effets beaucoup plus énergiques que ceux précédemment fournis par l'instrument de Volta. On ne trouva plus dès lors aucun obstacle pour augmenter le nombre et les dimensions des couples de la pile, et avec plusieurs plaques métalliques d'un ou de plusieurs pieds carrés de surface, obtenir des effets physiques vraiment extraordinaires.

Pepys, expérimentateur anglais, construisit, au mois de février 1802, la pile la plus puissante que l'on eût encore vue fonctionner. Elle se composait de soixante paires de plaques carrées, zinc et cuivre, de six pouces de côté, qui étaient contenues dans deux grandes auges, remplies de trente-deux livres d'eau à laquelle on avait ajouté deux livres d'acide azotique. Un témoin oculaire des expériences de Pepys en décrit ainsi les résultats :

« On brûla des fils de fer depuis un deux-centième jusqu'à un dixième de pouce de diamètre. La lumière dégagée de cette combustion était extrêmement vive. L'effet était très-agréable quand on brûlait plusieurs petits fils de fer tordus autour d'un plus gros.

« Du charbon fait avec du bois de buis, non-seulement s'allumait à l'endroit du contact, mais demeurait rouge d'une manière permanente, sur une longueur de près de deux pouces.

« Du plomb en feuilles brûlait avec beaucoup de vivacité après avoir rougi. Il formait un petit volcan d'étincelles rouges mêlées à la flamme.

« L'argent en feuilles brûlait avec une lumière verdâtre très-intense. On ne voyait pas d'étincelles, mais beaucoup de fumée. L'or en feuilles brûlait avec une lumière blanche et brillante, et avec fumée.

« Du fil de platine, d'un trente-deuxième de pouce de diamètre, rougissait à blanc et fondait en globules à l'endroit du contact... L'action galvanique était encore capable d'allumer le charbon après avoir parcouru un circuit de seize personnes qui se tenaient par la main, préalablement humectée.

« Cet appareil entretenait les déflagrations et la combustion sans aucun intervalle, sans aucune suspension dans l'effet.

En 1802, Humphry Davy, élevé depuis peu à la chaire de chimie de l'Institution royale de Londres, se préparait à ses grands travaux sur l'électricité voltaïque en faisant construire une pile de dimensions imposantes et dont il décrivait ainsi les effets :

« J'ai fait récemment construire, pour le laboratoire de l'Institution, une batterie d'une immense grandeur. Elle se compose de quatre cents paires de cinq pouces carrés, et de quarante paires d'un pied carré. Au moyen de cette batterie, j'ai pu enflammer le coton, le soufre, la résine, l'huile et l'éther ; elle fond un fil de platine, rougit et brûle plusieurs pouces d'un fil de fer d'un trois-centième de pouce en diamètre ; elle fait bouillir facilement les liquides, tels que l'huile et l'eau ; elle les décompose et les transforme en gaz. »

Pendant que les physiciens s'occupaient, grâce à la nou-

velle disposition de la pile imaginée par Cruikshank, d'étudier les effets physiques produits par l'électricité en mouvement, les physiologistes, de leur côté, s'employaient avec ardeur à rechercher la connexion qui pouvait exister entre les effets du galvanisme et les phénomènes vitaux. Dans ce but, ils observaient sans cesse l'action du courant de la pile sur l'économie animale. Les espérances que l'on avait conçues de faire servir l'électricité dynamique à l'explication des phénomènes de la vie, étaient en effet bien loin d'être abandonnées. Depuis l'origine des travaux de Galvani, cette pensée était toujours présente à l'esprit des savants. Volta, en faisant connaître pour la première fois l'instrument qu'il avait découvert, ne l'avait guère présenté que comme devant servir, mieux que la bouteille de Leyde, à provoquer les contractions musculaires des animaux. C'est encore la même idée qui avait surtout frappé le premier consul, et avec lui, l'Institut tout entier. Si l'on concevait quelques doutes sur ce dernier point, il nous suffirait de rappeler ici les termes du programme publié par l'Institut à propos du grand prix proposé en 1801 pour les progrès du galvanisme. Les observations suivantes, qui terminent ce programme, contiennent le véritable complément de la pensée du premier consul :

« C'est surtout dans leur application à l'économie animale, est-il dit dans ce rapport, qu'il importe de considérer les appareils galvaniques. On sait déjà que les métaux ne sont pas les seules substances dont le contact détermine le développement de l'électricité ; cette propriété leur est commune avec quelques autres corps, et il est probable qu'elle s'étend avec des modifications à tous les corps de la nature. Les phénomènes qu'offrent la torpille et les autres poissons électriques ne dépendent-ils pas d'une action analogue qui s'exercerait entre les diverses parties de leur organisation, et cette action n'existe-t-elle pas avec un degré d'intensité moins sensible, mais non moins réel, dans un nombre d'animaux beaucoup plus consi-

dérable qu'on ne l'a cru jusqu'à présent? L'analyse exacte de ces effets, l'explication complète du mécanisme qui les détermine, et leur rapprochement de ceux que présente la colonne de Volta, donneraient peut-être la clef des secrets les plus importants de la physique animale. En considérant ainsi l'ensemble de ces phénomènes, on pressent la possibilité d'une grande découverte qui, en dévoilant une nouvelle loi de la nature, les ramènerait à une même cause et les lierait à ceux que nous a offerts, dans les minéraux, le mouvement de l'électricité. »

Bien que présentée sous la forme dubitative, la pensée qui domine dans ce programme de l'Institut, c'est bien d'assimiler les phénomènes de la vie aux effets du galvanisme. Rappeler la présence normale de l'électricité naturelle dans le corps de certains animaux; avancer que par le rapprochement des phénomènes électriques qui se passent dans le corps de certains animaux avec ceux que présente la colonne de Volta, « on aurait peut-être la clef des secrets les « plus importants de la physique animale; » pressentir « la « possibilité d'une grande découverte qui, en dévoilant de « nouvelles lois de la nature, les ramènerait à une même « cause, » c'était poser la question aussi catégoriquement que possible, et formuler l'appel le plus hardi qu'un gouvernement ou une compagnie savante ait jamais fait à la pensée publique. Ce rapprochement entre les effets du galvanisme et les phénomènes vitaux était, en effet, dans les opinions du siècle, comme il est peut-être dans la nature des choses. Quoi qu'il en soit, nous allons voir comment fut parcourue la route que les maîtres de la science désignaient du doigt aux expérimentateurs.

CHAPITRE V.

Action de l'électricité dynamique sur l'économie animale. — Expérience de Sultzer. — Observation de Cotugno. — Fait de Swammerdam. — Impulsion donnée par les découvertes de Galvani à l'étude des effets de l'électricité sur les mouvements organiques. — Expériences de Larrey et de J.-J. Sue sur les contractions provoquées par l'arc de Galvani sur des membres amputés. — Recherches de Bichat. — Essais faits à Turin par Vassali-Endi et Giulio Rossi sur le corps de suppliciés. — Expériences de Nysten à Paris. — La *Société galvanique*. — Expériences faites à Londres par Aldini sur le cadavre d'un pendu. — Résultats obtenus par Aldini à l'École vétérinaire d'Alfort. — Galvanisation du cadavre de Carney. — Expériences des médecins de Mayence sur les corps des suppliciés de la bande de Schinderbannes. — Résultats extraordinaires obtenus à Londres par le docteur Ure sur le corps de l'assassin Clydsdale. — Conclusion.

On avait observé, avant Galvani, quelques faits de peu d'importance, relativement à l'action qu'exercent sur l'économie animale les métaux placés dans certaines conditions. Mais ces phénomènes n'avaient aucunement attiré l'attention, parce qu'ils ne répondaient alors à rien de connu. D'ailleurs ces manifestations fortuites de l'électricité animale étaient bien faibles.

En 1760, Sultzer, professeur à l'Académie de Berlin, découvrit que deux disques de plomb et d'argent mis en contact développent une impression particulière, appréciable à l'organe du goût. Sultzer consigna ce fait dans un écrit qui n'avait aucun rapport avec les sciences physiques, et qui parut dans les *Mémoires de l'Académie de Berlin*, sous le titre de *Théorie générale du plaisir* (1).

(1) Ce mémoire de Sultzer se trouve reproduit au tome III, p. 124, d'une collection qui parut en 1769 à Bouillon, dans les Pays-Bas, intitulée : *Le Temple du bonheur*, et qui n'est qu'un recueil des meilleurs traités de morale et de philosophie sur le bonheur.

« Si l'on joint, dit Sultzer, deux pièces de métal, une de plomb et l'autre d'argent, de manière que les deux bords forment un même plan, et qu'on les approche sur la langue, on sentira quelque goût assez approchant au goût de vitriol de fer ; au lieu que chaque pièce à part ne donne aucune trace de ce goût. Il n'est pas probable que, par cette conjonction des deux métaux, il arrive quelque solution de l'un ou de l'autre, et que les particules dissoutes s'insinuent dans la langue. Il faut donc conclure que la jonction de ces métaux opère dans l'un ou l'autre, ou dans tous les deux, une vibration de leurs particules, et que cette vibration, qui doit nécessairement affecter les nerfs de la langue, y produit le plaisir mentionné. »

En rapportant cette expérience, Sultzer n'avait en vue que d'expliquer, suivant les idées philosophiques de son temps, les mouvements agréables qui résultent de nos différentes sensations. Il voulait démontrer ce principe, que l'âme ne peut avoir de sensation sans un mouvement matériel excité dans les nerfs. Le fait rapporté par Sultzer n'avait donc qu'un rapport très-éloigné avec une expérience de physique, et c'est bien à tort qu'on a voulu trouver dans cette observation l'origine des découvertes de Galvani (1).

D'après le *Journal encyclopédique de Bologne* (2), Cotugno professeur à Naples, disséquant une souris vivante qu'il tenait d'une main dans une position fixe, éprouva, en touchant avec son scalpel le nerf intercostal de l'animal, une petite commotion semblable à celle que produit l'électricité. Ce fait était si exceptionnel, il était, et il est encore pour nous si étrange, qu'il ne pouvait fixer l'attention d'aucun

(1) L'idée très-mal justifiée de rapporter à Sultzer les premières observations relatives au galvanisme a été émise pour la première fois dans le *Journal des Débats*, alors à son aurore : « On a prouvé aux physiciens, « est-il dit dans ce journal, que la découverte du galvanisme se trouve « dans un ouvrage qui a paru à Bouillon, en 1769, intitulé : *Le Temple* « *du bonheur*. » (*Journal des Débats*, des 4e et 5e jours complémentaires an IX, et du 7 vendémiaire an X.)

(2) 1786, no 8 du journal.

expérimentateur, ni engager personne à faire des recherches pour l'expliquer.

Nous devons ajouter, pour rendre complète cette revue des antécédents de la découverte de Galvani, un fait rapporté par Swammerdam, dans un ouvrage publié à la fin du dix-septième siècle, intitulé *Biblia naturæ* (1), et sur lequel Duméril a, le premier, attiré l'attention.

« Voici, dit Duméril, la description de l'appareil et de l'expérience que Swammerdam fit devant le grand-duc de Toscane en 1678. Soit un tube de verre cylindrique dans l'intérieur duquel est placé un muscle, dont sort un nerf qu'on a enveloppé dans les contours d'un petit fil d'argent, de manière à pouvoir le soulever sans trop le serrer ou le blesser. On a fait passer ce premier fil à travers un anneau pratiqué à l'extrémité d'un petit support de cuivre soudé sur une sorte de piston ou de cloison ; mais le petit fil d'argent est disposé de manière qu'en passant entre le verre et le piston, le nerf puisse être attiré par la main et toucher ainsi le cuivre. On voit aussitôt le muscle se contracter. »

Cette expérience ressemble beaucoup à celle de Galvani ; mais la manière dont le physicien de Bologne fit sa découverte prouve suffisamment qu'il n'avait pas eu connaissance du fait rapporté par Swammerdam.

Les admirables travaux de Galvani, qui n'avaient eu, comme on le voit, aucun précédent sérieux, vinrent subitement dévoiler toute une série de phénomènes encore ignorés dans l'ordre des fonctions animales. Une foule d'expérimentateurs entrèrent dès lors dans cette voie attrayante. Après Galvani, qui exécuta les expériences si variées que nous avons signalées plus haut concernant l'action de l'arc métallique sur les contractions musculaires des animaux, c'est un chirurgien français, le célèbre Larrey, qu'il faut citer comme s'étant occupé le premier de ce genre d'expé-

(1) Tome II, page 849.

riences sur l'homme. En 1793, Larrey communiquait à la *Société philomatique* le résultat d'une expérience très-intéressante sous ce rapport. Ayant pratiqué l'amputation de la cuisse à un homme dont la jambe avait été écrasée par une roue de voiture, il voulut répéter sur ce membre amputé les expériences de Galvani et de Valli. En conséquence, il disséqua avec soin le nerf poplité et toutes ses ramifications. Il enveloppa ensuite d'une lame de plomb le tronc de ce nerf, et mit à découvert les muscles gastrocnémiens, et lorsqu'il toucha à la fois avec une lame d'argent ces muscles et l'armature de plomb qui enveloppait le nerf poplité, il provoqua de très-forts mouvements convulsifs dans la jambe et même dans le pied du membre amputé (1).

Le docteur Stark répéta avec le même succès cette expérience de Larrey; Richerand, Dupuytren et Dumas l'exécutèrent aussi (2).

Dans l'hôpital militaire établi alors à Courbevoie, la même expérience fut répétée par le chirurgien J.-J. Sue, qu'il ne faut pas confondre avec P. Sue, bibliothécaire de l'École de médecine de Paris, et auteur de l'*Histoire du galvanisme*. Ayant amputé la cuisse d'un soldat âgé de vingt-six ans, ce chirurgien enveloppa le nerf poplité d'une armature de plomb, et touchant avec une lame d'argent les muscles gastrocnémiens et l'armature du nerf poplité, il provoqua des mouvements très-prononcés dans tous les muscles de la jambe (3).

Un grand nombre de physiologistes s'empressèrent, en

(1) *Bulletin de la Société philomatique*, mai et juin 1793, nos 23 et 24.

(2) Dumas, *Principes de physiologie*, t. II, p. 312.

(3) Plusieurs autres expériences semblables faites par Gentili, Crève et Starck sur des bras et des jambes amputés, ont été recueillies dans un ouvrage de Pfaff publié à Kiel à propos des expériences d'Alexandre de Humboldt, et dont on trouve une analyse dans l'*Histoire du galvanisme* de P. Sue, tome II, p. 98.

France et en Italie, de répéter ces expériences. Comme la pile de Volta n'était pas encore connue, on opérait simplement avec l'arc métallique tel que Galvani l'avait employé. Mais en raison de la faible tension de l'électricité produite par cet appareil élémentaire, les résultats se montrèrent fort variables entre les mains des expérimentateurs. Volta, Mezzini, Valli, Klein, Pfaff, crurent observer et publièrent que le cœur et tous les organes qui sont hors du domaine de la volonté, étaient insensibles au galvanisme; tandis que Humboldt et Fowler assuraient avoir fait contracter par le galvanisme le cœur de plusieurs animaux, et que Grapengiesser, de Berlin, disait avoir déterminé, à l'aide du même agent, les mouvements péristaltiques des intestins.

Bichat a consigné dans ses *Recherches sur la vie et la mort* les résultats des nombreuses expériences auxquelles il se livra en 1798, pour provoquer, avec des armatures métalliques, des contractions dans les muscles d'animaux récemment tués. Dans le chapitre où ce grand anatomiste traite de l'influence de la mort du cerveau sur celle du cœur, après avoir avancé que ce n'est point immédiatement par l'interruption de l'action cérébrale que le cœur cesse d'agir, il cherche à confirmer ce fait en s'appuyant sur le galvanisme, afin d'établir par tous les moyens possibles que le cœur est toujours indépendant du cerveau.

Bichat fut le premier qui soumit à l'action du galvanisme le corps de suppliciés. Dans l'hiver de l'an VII (1798), il obtint l'autorisation de faire différents essais sur les cadavres de guillotinés qu'on lui livrait trente ou quarante minutes après l'exécution. Mais comme il n'opérait qu'avec l'arc métallique de Galvani, Bichat ne pouvait mettre en jeu qu'une minime force électrique, et cette circonstance explique la variabilité et le peu d'intensité des effets qu'il observa. Sur quelques cadavres, il ne put parvenir à provoquer aucune contraction musculaire. Il en excita sur un certain nombre,

surtout quand il agissait sur les muscles soumis à la volonté. Mais le cœur et les organes musculaires soustraits à l'empire de la volonté, restèrent toujours insensibles à cette action.

Les expériences de Bichat, qui firent alors beaucoup d'impression dans le monde savant, avaient pourtant peu de valeur en elles-mêmes, en raison de l'insuffisance de l'agent électrique qui fut employé.

Cependant, Volta ayant découvert la pile, les physiologistes eurent, dès ce moment, entre les mains un agent puissant et certain pour la production de l'électricité dynamique ; les expérimentateurs reprirent donc à son aide, et avec une ardeur nouvelle, l'étude de l'électricité animale. Peu d'années auparavant, Alexandre de Humboldt avait réussi à ranimer quelques instants une linotte expirante, par l'application de deux simples lames de zinc et d'argent (1). Quelle espérance ne pouvait-on pas concevoir pour l'électricité animale, de l'emploi de l'instrument merveilleux découvert par Volta! Puisque le contact de deux pièces de métal avait suffi pour produire des contractions musculaires très-vives dans les membres mutilés de petits animaux, et principalement d'animaux à sang froid, tels que les grenouilles, la pile de Volta devait reproduire le même genre de phénomènes avec une bien plus grande intensité et sur les animaux de toutes les classes. Aussi le physicien de

(1) Pour essayer de ramener à la vie, au moyen d'une action galvanique, des animaux près de mourir, de Humboldt, qui débutait alors dans la carrière des sciences, prit une linotte sur le point d'expirer. L'oiseau était déjà renversé et avait les yeux fermés ; il était insensible à la piqûre d'une épingle, lorsque le jeune expérimentateur lui plaça dans le bec une petite lame de zinc et dans le rectum un petit tuyau d'argent. Ensuite, il établit la communication entre les deux métaux au moyen d'un fil de fer conjonctif. « Quel fut mon étonnement, dit de Humboldt, lorsque, au « moment du contact, l'oiseau ouvrit les yeux et se releva sur ses pattes « en battant des ailes! » La linotte respira pendant six ou huit minutes, et cessa ensuite de donner aucun signe de vie.

Pavie avait à peine publié la description de son *appareil électro-moteur*, qu'Aldini et divers autres expérimentateurs italiens s'empressaient d'exécuter avec la pile les expériences de l'électricité animale que l'on n'avait tentées jusque-là qu'avec l'arc de Galvani.

Vassali-Endi, Giulio et Rossi, physiciens piémontais, furent les auteurs des premières expériences faites au moyen de la pile de Volta sur le corps des suppliciés.

Trois individus ayant été décapités à Turin, Vassali-Endi, Giulio et Rossi soumirent à des expériences galvaniques le corps de ces malheureux. Ils commencèrent par enfoncer dans le canal des vertèbres cervicales une lame de plomb, destinée à armer la moelle épinière ; ils touchèrent ensuite à la fois avec un arc d'argent, l'armature de plomb, la moelle épinière et le cœur, c'est-à-dire qu'ils opérèrent, dans cette première expérience, avec l'arc de Galvani, comme on l'avait fait jusque-là. Mais on obtint des contractions musculaires beaucoup plus prononcées en faisant usage de la pile. On reconnut ainsi que le cœur se contractait par l'action du courant électrique, mais qu'il perdait sa contractilité quarante minutes après la mort, et lorsque le même excitant déterminait encore de fortes contractions dans le système musculaire des membres.

Pour éclaircir plusieurs points demeurés irrésolus dans les observations des physiciens de Turin, Nysten, savant médecin de la Faculté de Paris, entreprit un grand nombre d'expériences dans le détail desquelles nous n'entrerons pas, et qui furent répétées, sous les yeux de Hallé, dans les cabinets d'anatomie de l'École de médecine (1).

(1) *Nouvelles Expériences galvaniques faites sur les organes musculaires de l'homme et des animaux à sang rouge, par lesquelles, en classant ces divers organes sous le rapport de la durée de leur excitabilité galvanique, on prouve que le cœur est celui qui conserve le plus longtemps cette propriété*, par P.-H. *Nysten*, médecin, de la Société des

Il se forma à cette époque, dans la capitale, une *Société gavanique* pour se livrer exclusivement à l'étude de l'électricité animale. Le docteur Nauche était le président de cette société qui exécuta un grand nombre d'expériences, passablement confuses, tant sur l'homme que sur les animaux inférieurs. Les principaux membres de cette société étaient Bonnet, Nysten, Pajot-Laforest, Dudoyon, Petit-Radel, Alizeau, Lamartillière et le fameux Guillotin. La *Société galvanique* avait obtenu l'autorisation de soumettre à ses études le corps des suppliciés. Les résultats obtenus dans ces expériences produisirent beaucoup d'impression sur l'esprit des physiologistes, et les poussèrent à s'engager de plus en plus dans l'examen de ces étranges phénomènes.

On ne lira pas sans émotion les détails suivants donnés par Nysten, des circonstances qui accompagnèrent l'une de ses expériences faite le 14 brumaire an XI sur le corps d'un supplicié. Nous citerons textuellement ce dramatique récit, pour donner une idée de l'espèce de fièvre expérimentale qui agitait les médecins de cette époque :

« Qu'il me soit permis, dit Nysten, de faire un récit succinct des peines que je me suis données et des dangers que j'ai courus ce jour-là pour satisfaire mon zèle.

« Je sors à dix heures du matin de chez moi, l'appareil vertical de Volta à la main, pour me rendre à un des pavillons de l'École de médecine et y continuer mes expériences. En entrant dans la rue de l'Observance, j'entends annoncer par un colporteur la condamnation d'un criminel à la peine de mort. J'achète le jugement et je vois qu'il doit être mis à exécution le même jour, 14 brumaire. Je me rends chez le citoyen Thouret, directeur de l'École. Je lui témoigne le désir que j'ai de tenter sur le cœur de l'homme les expériences que j'ai faites sur le cœur de plusieurs animaux. J'ajoute qu'on va supplicier un criminel et que si je suis secondé, j'ai résolu de faire toutes les

observateurs de l'homme et de celle de l'École de médecine. In-8°, an IX.

démarches nécessaires pour ne pas laisser échapper une semblable occasion. Le citoyen Thouret s'empresse d'écrire à ce sujet au préfet de police. Je me transporte à la préfecture. J'obtiens une autorisation en vertu de laquelle le corps de celui qu'on allait faire mourir est mis à ma disposition après sa décapitation, c'est-à-dire dès qu'il serait conduit au cimetière Sainte-Catherine. Muni de l'autorisation de la police, j'arrive bientôt sur la place de Grève, et là, en attendant le malheureux que la justice devait frapper de son glaive, je réfléchis que le chemin qui conduit de ce lieu au cimetière est fort éloigné, qu'une charrette ne va ordinairement qu'au pas du cheval qui la conduit, et par conséquent avec beaucoup de lenteur, enfin qu'il est possible qu'une circonstance imprévue retarde quelque temps son départ après l'exécution. Ces difficultés pouvant s'opposer à la réussite de mon expérience, je crois devoir courir au Palais de justice dans l'intention de les lever, si j'en trouve les moyens. Je franchis les barrières que m'opposent les sentinelles postées à la grille du palais ; j'engage le conducteur de la charrette à faire aller son cheval le plus promptement possible de la place de Grève jusqu'au cimetière, et je lui promets de lui en témoigner ma reconnaissance. Dans le même but, je vais trouver le brigadier des gendarmes qui devaient escorter le triste convoi, je fais plus, je parle à l'exécuteur. Il ne me reste que le temps nécessaire pour retourner au lieu de l'exécution. A peine y suis-je arrivé que je vois tomber le coup fatal. Un spectacle si affreux me fait frémir d'horreur. Cependant je me recueille et cours au cimetière. Je présente au concierge mon autorisation et lui demande un local. Il me répond qu'il n'en a pas et m'objecte que je ne puis me livrer à un travail anatomique dans un endroit public où il arrive à chaque instant des convois. J'aperçois au milieu du cimetière une large fosse récemment creusée et de la profondeur de 50 à 60 pieds. Je prie le concierge de m'en accorder un petit coin. Après plusieurs objections, il se rend à mes instances. Une portion de cette fosse n'était encore creusée qu'à quinze pieds du sol. C'est à cette espèce d'étage que je donne la préférence ; il me procurait l'avantage de profiter encore pour quelque temps de la lumière du jour et d'obtenir plus promptement ce dont je pouvais avoir besoin dans le cours de mon travail. J'y fais placer le cadavre et j'y descends moi-même. A peine suis-je arrivé au bas de l'échelle qu'une odeur sépulcrale vient frapper mon odorat et que

l'atmosphère humide de ce séjour des morts, arrêtant tout d'un coup la sueur qui ruisselait de tous les points de la surface de mon corps, me fait éprouver une sensation semblable à celle d'un bain de glace. Qu'on juge par là du danger auquel ma santé était exposée! Mais ce n'est pas tout : mon laboratoire considérablement rétréci par un énorme monceau de pierres, avait tout au plus six pieds de long sur quatre de large, et le sens de sa longueur était dans la direction du fond de la fosse, de manière que lorsque je voulais passer d'un côté du cadavre à l'autre, je me trouvais au bord d'un précipice affreux où j'ai été sur le point de tomber plusieurs fois pendant le cours de mes expériences. Je passe sous silence les incommodités relatives à l'expérience elle-même, telles que la situation du cadavre sur la terre, mon bureau composé de trois ou quatre pierres posées les unes sur les autres, le siége vacillant de mon appareil galvanique, et la terre que des ouvriers travaillant au-dessus de la fosse faisaient à chaque instant tomber sur ma tête (1). »

Le physicien Jean Aldini, neveu de Galvani et son auxiliaire pendant la longue lutte soutenue contre Volta, s'était occupé le premier, comme nous l'avons déjà dit, de provoquer des contractions organiques sur les cadavres des animaux, au moyen de la pile de Volta. En 1801, il eut l'occasion de répéter, à Bologne, les expériences faites par les trois physiologistes de Turin, Vassali-Endi, Giulio et Rossi : il galvanisa le corps de deux suppliciés.

« De toutes les expériences exposées dans la section précédente, dit Aldini dans son grand ouvrage : *Essai sur le galvanisme*, on pouvait conjecturer, par analogie, l'effet de l'action du galvanisme sur un sujet plus noble, sur l'homme, unique but de mes recherches; mais pour juger sûrement de ce que peut réellement sur lui cette cause merveilleuse, il fallait s'en tenir à de certaines conditions, et l'appliquer après la mort. Les cadavres d'hommes qui avaient succombé à une maladie étaient peu propres à mon objet, parce qu'il est à présumer que

(1) *Expériences faites sur le cœur et les autres parties d'un homme décapité le 14 brumaire an XI.* Brochure in-8°, an XI, chez Levrault.

le développement du principe qui conduit à la mort détruit tous les ressorts de la fibre ; d'où il résulte même que les humeurs sont viciées et dénaturées. Il fallait donc saisir le cadavre humain dans le plus haut degré de la conservation des forces vitales après la mort; et pour cela je devais, pour ainsi dire, me placer à côté d'un échafaud, et sous la hache de la loi, pour recevoir de la main d'un bourreau des corps ensanglantés, sujets seuls vraiment propres à mes expériences. Je profitai donc de l'occasion de deux criminels décapités à Bologne, que le gouvernement accorda à ma curiosité physique. La jeunesse de ces suppliciés, leur tempérament robuste, la plus grande fraîcheur des parties animales, tout cela m'inspira l'espoir de recueillir des résultats utiles des expériences que je m'étais auparavant proposées. Quoique accoutumé à un genre pacifique d'expériences dans mon cabinet de physique, quoique éloigné de l'habitude de faire des dissections anatomiques, l'amour de la vérité et le désir de répandre quelques lumières sur le système du galvanisme l'emportèrent sur toutes mes répugnances, et je passai aux expériences suivantes (1). »

Aldini décrit ensuite les résultats qu'il obtint avec le secours des médecins et physiologistes qui l'assistèrent dans ses observations.

Mais de toutes les expériences faites par Jean Aldini, celle qui fit le plus de bruit eut lieu à Londres, le 17 janvier 1803, pendant le voyage qu'il avait entrepris pour faire connaître ces curieux phénomènes.

Forster, pendu comme meurtrier, fut le sujet de cette expérience. Il était âgé de vingt-six ans et d'une constitution robuste. Après l'exécution, son corps fut exposé pendant une heure sur la place de Newgate par un temps très-froid. Le cadavre fut remis à M. Koate, président du Collége des chirurgiens de Londres, qui procéda, de concert avec Aldini, aux essais de galvanisation du cadavre au moyen d'une pile à colonne de cent vingt couples, zinc et cuivre.

Deux fils métalliques conducteurs communiquant avec les

(1) *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*, p. 69.

deux pôles opposés de la pile, ayant été appliqués, l'un à la bouche et l'autre à une oreille du cadavre, préalablement humectés d'une dissolution de sel marin, les joues et les muscles de la face se contractèrent horriblement, et l'œil gauche s'ouvrit de toute sa grandeur. On observa, en graduant l'intensité de l'agent électrique, que la violence des contractions musculaires était en proportion du nombre des couples métalliques mis en action.

Les arcs conducteurs de la pile étant mis en contact avec les deux oreilles, tous les muscles de la tête furent agités de frémissements ; l'action convulsive se propageant à la face, les traits du cadavre furent en proie à des contractions désordonnées ; les paupières ne cessaient de clignoter et les coins de la bouche d'être tiraillés hideusement.

En appliquant les conducteurs de la pile à l'une des oreilles et au *rectum*, les muscles du tronc, même les plus éloignés des points de contact des deux conducteurs, étaient agités de mouvements si vifs, que le cadavre semblait reprendre la vie.

L'intensité des contractions organiques fut encore exaltée, lorsque Aldini vint à associer des stimulants chimiques à l'action du galvanisme. En versant de l'ammoniaque dans les narines et dans la bouche du cadavre, tandis que le courant électrique traversait les muscles de la face, les convulsions se propageaient jusqu'aux muscles de la tête et du cou, et même jusqu'au *deltoïde*, c'est-à-dire à l'extrémité supérieure du bras. Les contractions étaient si violentes, si analogues aux mouvements naturels, « qu'il semblait, dit Aldini, que par « impossible, la vie allait être rétablie. »

Aldini conclut de ces expériences que le galvanisme pourrait peut-être agir efficacement pour rappeler à la vie les asphyxiés et les noyés, c'est-à-dire les individus chez lesquels la vie n'est pas encore absolument éteinte, et ce moyen a été depuis assez souvent mis en pratique.

Des expériences semblables furent faites à Londres par

Aldini, dans l'amphithéâtre de l'hôpital de Guy et Saint-Thomas, en agissant sur des animaux décapités.

C'est dans l'*Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*, publié à Paris en 1804, et dédié au premier consul Bonaparte, qu'il faut chercher les détails des étonnants résultats obtenus par l'expérimentateur italien en faisant agir le galvanisme sur les animaux récemment tués (1). On peut voir dans ce curieux ouvrage comment, avec une pile à colonne composée d'une centaine de couples, tous les mouvements de la vie furent reproduits avec une effrayante énergie, soit sur des chevaux, des bœufs, des veaux, récemment abattus, soit sur les cadavres d'hommes qui avaient succombé à une mort naturelle. Sur des têtes séparées du tronc, surtout quand les sujets étaient des chevaux, animaux qui se prêtent le plus facilement à ce genre d'expériences, on vit les lèvres s'agiter, les paupières se rouvrir, les yeux rouler dans leur orbite. Avec des cadavres humains, on vit le tronc agité de mouvements violents, se soulever à moitié, comme si l'individu allait marcher; les bras fléchir et s'étendre alternativement le long du corps, l'avant-bras se lever, tenant à la main un poids de quelques livres, les poings se fermer et battre violemment la table qui supportait le cadavre. Les mouvements naturels de la respiration furent artificiellement rétablis, et par le rapprochement subit des côtes, une bougie placée devant la bouche fut éteinte à plusieurs reprises.

En reconnaissance du zèle que Jean Aldini avait apporté à ces expériences, les chirurgiens et les élèves de l'hôpital de Guy lui firent hommage d'une médaille d'or qui portait d'un

(1) *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme, avec une série d'expériences faites en présence des commissaires de l'Institut national de France et en divers amphithéâtres anatomiques de Londres*, par Jean Aldini, professeur de l'université de Bologne. 1 vol. in-4°, avec planches. Paris, an XII (1804).

côté les armoiries de l'établissement, et de l'autre une légende entourée d'une guirlande de chêne (1).

Aldini fit en France des expériences semblables, mais en opérant seulement sur de grands animaux. Les plus importantes eurent lieu à l'École vétérinaire d'Alfort. On soumit à un courant électrique la tête d'un bœuf détachée du tronc et placée sur une table. On vit cette tête ouvrir les yeux et les rouler avec furie, enfler ses naseaux, secouer les oreilles, comme si l'animal eût été vivant. Sur une autre table, les ruades du cadavre d'un cheval faillirent blesser plusieurs assistants, et brisèrent les appareils disposés auprès. On trouve la description très-détaillée de ces expériences dans l'ouvrage d'Aldini, auquel nous renvoyons les personnes qui veulent se faire une idée exacte des étonnants effets qu'exerce l'électricité sur le corps des animaux.

Pendant plusieurs années, on s'attacha, dans diverses parties de l'Europe, à reproduire les phénomènes mis en évidence par l'habileté expérimentale de Jean Aldini.

En Angleterre, l'anatomiste Carpne obtint de très-curieux résultats sur le cadavre de l'assassin Michel Carney (2). Comme ces phénomènes ne présentèrent rien de plus remarquable que ceux qu'Aldini avait obtenus sur le corps de Forster, nous les passerons sous silence pour arriver aux essais du même genre, qui furent faits peu de temps après par une réunion de médecins de Mayence.

(1) Voici cette légende :

Johanni Aldino
præclaro physico
digno Galvani nepoti
recens experimentis commonstratis
professores et scholares
Nosocom. S. Thomæ et Guy
libenter persolvunt
MDCCCIII. Londini.

(2) *Bibliothèque britannique*, nos 207-208, p. 373 (*Sciences et Arts*). — Sue, *Histoire du galvanisme*, t. III, p. 248.

Le 21 novembre 1803, le fameux chef de brigands Schinderbannes fut exécuté, avec dix-neuf de ses complices, sur la place publique de Mayence, alors ville française. Grâce à la protection des autorités, plusieurs médecins de cette ville prirent les mesures nécessaires pour faire profiter la science de cette rare et triste occasion de recherches physiologiques.

Le but des médecins mayençais était de déterminer quels sont les degrés d'action et d'énergie de l'agent galvanique sur les divers organes du corps humain, et de rechercher en même temps si l'électricité statique, développée par les machines à frottement, produit, dans ces circonstances, le même effet que l'électricité dynamique donnée par la pile de Volta.

A cent cinquante pas de l'échafaud, on disposa une cabane destinée à recevoir les décapités ; elle était pourvue de tous les instruments nécessaires pour soumettre les corps, que l'on devait y apporter successivement, à l'action de l'électricité statique et de l'électricité dynamique. Le jour de l'exécution, l'atmosphère était humide et nébuleuse, la température de la cabane était de 15 degrés centigrades.

Le premier cadavre fut apporté quatre minutes après la décollation ; il était jeune, robuste et encore très-chaud ; les muscles se contractaient spontanément ; les artères du cou battaient visiblement, et le sang jaillissait encore à chaque pulsation.

Le second cadavre ne fut apporté que vingt-deux minutes après l'exécution ; il conservait encore un reste de chaleur.

Le troisième n'arriva que plus tard. Il était vieux et froid et avait perdu presque toute irritabilité.

Le quatrième ne fut apporté que deux heures après l'exécution ; il était par conséquent plus froid que les précédents. C'est sans doute en raison de cette circonstance que les expérimentateurs se contentèrent d'opérer sur ces quatre corps et abandonnèrent le reste des individus suppliciés.

Comme les moyens opératoires employés par les physiolo-

gistes mayençais ne différèrent point de ceux que nous avons précédemment décrits, nous nous contenterons de rapporter, sous forme de conclusions, les résultats obtenus, et qui peuvent se formuler comme il suit :

1° Les contractions musculaires que l'on provoque, avec la pile de Volta, sur le corps des individus récemment décapités, sont semblables à celles qui se produisent pendant la vie.

2° La pile de Volta agit d'une manière beaucoup plus prononcée sur les muscles soumis à l'empire de la volonté que sur ceux qui sont soustraits à cette influence. Les contractions les plus fortes furent produites dans les muscles de la face, de la poitrine, des membres et dans le diaphragme ; c'est là ce qui explique le peu de sensibilité à l'influence électrique de la tunique musculaire des intestins et des parois du cœur.

3° La pile de Volta exerce une action d'autant plus marquée que l'on applique les conducteurs plus exactement suivant la direction des nerfs.

4° L'électricité statique produit, mais à un plus faible degré, les mêmes effets que l'électricité dynamique.

Les expériences faites par les médecins de Mayence, sur les criminels décapités, furent répétées identiquement sur des animaux à sang chaud, et donnèrent les mêmes résultats (1).

Au tableau qui précède nous ajouterons un dernier trait qui peint bien l'époque où furent accomplies ces étranges recherches.

On avait beaucoup agité en France, peu de temps auparavant, à l'instigation et d'après les assertions expérimentales de Sue, la question de savoir si des individus décapités souffrent quelques minutes après la décollation, et si les organes des sens qui résident dans la tête sont encore accessibles, pendant quelque temps, aux impressions externes.

(1) Ces diverses observations sont rapportées dans une dissertation allemande : *Expériences galvaniques et électriques faites sur des hommes et des animaux, par une société de médecins établis à Mayence, département du Bas-Rhin* (*Galvanische und electrische Versuche an Menschen- und Thier Körpern*, etc., in-4°, Franklin am Mein, 1804).

Pour décider si le sentiment du *moi* persiste quelque temps après la décapitation, deux jeunes médecins, de l'association de Mayence, s'étaient placés sous l'échafaud, et recevaient successivement les têtes à mesure qu'elles tombaient sous le couteau fatal. L'un prit entre ses mains la première tête, et tous deux, l'ayant considérée attentivement pendant quelques instants, ils n'y aperçurent aucun mouvement, aucune contraction sensible : les yeux étaient à demi-fermés. Alors, l'un des expérimentateurs cria, tantôt dans l'une, tantôt dans l'autre des deux oreilles, ces mots : *M'entends-tu?* pendant que son compagnon, qui tenait la tête, observait attentivement l'effet que ces cris auraient pu produire. Mais aucun mouvement ne fut observé dans toute l'étendue de la face.

Une seconde tête fut soumise à la même épreuve ; seulement les expérimentateurs changèrent de rôle : celui qui avait tenu la tête, dans l'essai précédent, fut chargé de crier ; l'autre, au contraire, d'observer. Mais il ne se manifesta pas plus de sensibilité dans ce cas que dans le précédent.

Cinq têtes subirent successivement cette triste épreuve. Les résultats furent constamment les mêmes, les yeux de toutes les têtes abattues ne firent jamais le moindre mouvement ; ils demeurèrent fixes, immobiles et ouverts.

Détournons les yeux de cet affreux tableau dont aucun sentiment de curiosité philosophique ou scientifique ne peut voiler l'horreur !

C'est dans les années 1803 et 1804 que s'étaient accomplies les étranges expériences que nous venons de rappeler. Pour terminer ce sujet, nous rapporterons une dernière observation du même genre qui eut lieu en Angleterre plusieurs années après, et dans laquelle les effets qui nous occupent prirent une effroyable énergie. Il s'agit des expériences galvaniques qui furent faites le 4 novembre 1818, à Glasgow, sur le corps de l'assassin Clydsdale par le doc-

teur Andrew Ure et quelques autres physiologistes anglais, qui avaient acheté du criminel condamné à mort son propre cadavre, afin de le soumettre aux épreuves de la pile de Volta.

L'individu qui fut le sujet de cette expérience était un homme d'environ trente ans, de moyenne taille et de formes athlétiques. Il demeura pendant près d'une heure attaché au gibet, sans faire aucun mouvement. On le porta à l'amphithéâtre anatomique de l'université, dix minutes environ après qu'on l'eut détaché de l'instrument du supplice. La face avait un aspect naturel et le cou n'offrait aucune dislocation.

La pile voltaïque, préparée par le docteur Ure pour cette expérience, était une pile à auges contenant deux cent soixante-dix couples, cuivre et zinc, de quatre pouces ; chaque fil conducteur communiquant avec les deux pôles se terminait par une pointe métallique enveloppée près de son extrémité d'une petite poignée isolante, pour le manier plus commodément.

Les officiers de police ayant apporté le cadavre, la pile fut aussitôt chargée avec un mélange d'acides sulfurique et azotique convenablement étendus. M. Marshall fut chargé d'exécuter les dissections.

On commença par pratiquer, au-dessous de l'occiput, une grande incision, afin de découvrir la vertèbre *atlas*, dont on enleva la moitié postérieure, de manière à mettre la moelle épinière à nu. On fit, en même temps, une grande incision à la hanche gauche pour découvrir le nerf sciatique. La tige métallique qui communiquait avec l'un des pôles de la pile fut alors mise en contact avec la moelle épinière, tandis que celle qui communiquait avec l'autre pôle était appliquée sur le nerf sciatique. A l'instant, tous les muscles du corps furent agités de violents mouvements convulsifs, qui ressemblaient à un frisson universel. Quand on rétablissait et interrompait alternativement le courant électrique, tout

le côté gauche du corps éprouvait de vives convulsions.

On fit alors une petite incision au talon, de manière à mettre à nu le tendon d'Achille. L'un des conducteurs de la pile étant maintenu, comme précédemment, au contact avec la moelle épinière, l'autre fut appliqué sur la petite incision faite au talon du supplicié, dont on avait préalablement plié les genoux. Dès que la communication électrique fut établie, la jambe, qui se trouvait fléchie sur la cuisse, se détendit subitement; elle fut lancée avec tant de violence, qu'elle faillit renverser un des aides qui essayait en vain de la retenir.

On se mit ensuite en devoir de rétablir par l'agent électrique les mouvements de la respiration. A cet effet, on mit à nu le nerf diaphragmatique gauche, vers le bord externe du muscle sterno-thyroïdien, à trois ou quatre pouces au-dessous de la clavicule. On fit ensuite une petite incision sur le cartilage de la cinquième côte, et l'un des conducteurs de la pile fut mis, par cette ouverture, en contact avec le diaphragme, tandis que l'autre était appliqué, dans la région du cou, sur le nerf diaphragmatique. Le résultat fut prodigieux. A l'instant, on vit se rétablir sur le cadavre les phénomènes mécaniques d'une forte et laborieuse respiration. La poitrine s'élevait et s'abaissait, le ventre était poussé en avant, et s'affaissait ensuite; le diaphragme se dilatait et se contractait comme dans la respiration naturelle. Ces divers mouvements se manifestèrent sans interruption, aussi longtemps que le courant électrique fut maintenu. « Au jugement de plusieurs savants qui étaient témoins de la scène, « dit le docteur Ure, cette expérience respiratoire fut peut-« être la plus frappante qu'on eût jamais faite avec un appa-« reil scientifique. » Le docteur Ure ajoute qu'il est permis de supposer que la circulation se serait rétablie, et que l'on aurait vu battre le cœur et les artères, si le sujet n'eût été épuisé de sang, stimulant essentiel de cet organe.

Après avoir artificiellement rétabli les phénomènes mécaniques de la respiration, on mit en jeu les muscles de la face, qui sont si impressionnables par l'électricité. Pour cela, au moyen d'une légère incision faite au-dessus du sourcil, on découvrit le nerf sus-orbital, sur lequel fut appliqué l'un des conducteurs de la pile ; l'autre fut mis en rapport avec la plaie du talon. Le docteur Ure excita alors des commotions électriques en promenant la plaque métallique, qui formait l'un des pôles de la pile, le long des bords de cet appareil, depuis la deux-cent-vingtième jusqu'à la deux-cent-vingt-septième plaque. De cette manière, cinquante commotions électriques qui se succédaient avec la plus grande rapidité, et dont l'intensité s'accroissait successivement, furent produites en deux secondes. Rien ne peut rendre ce qui se passa alors sur le visage du cadavre. Tous les muscles de la face furent mis en action à la fois d'une manière effroyable, exprimant tour à tour des sentiments opposés. La rage, l'angoisse, le désespoir, enfin des sourires affreux, se peignirent successivement sur les traits de l'assassin. Plusieurs personnes, qui assistaient à ce spectacle hideux, en éprouvèrent un tel saisissement qu'elles furent forcées de quitter l'amphithéâtre ; un *gentleman* tomba évanoui et dut être emporté au dehors : à la suite de l'émotion qu'il avait éprouvée, il demeura pendant plusieurs jours frappé d'une véritable obsession morale.

On termina ces étranges scènes en mettant en action, par le fluide électrique, les articulations des doigts de la main. En faisant passer le courant de la moelle épinière au nerf cubital, on vit les doigts se mouvoir avec autant d'agilité que ceux d'un joueur de violon. Un des assistants essaya de maintenir fermé le poing du cadavre, mais la main s'ouvrait en dépit de ses efforts. Ensuite, après avoir préalablement fermé le poing du sujet, on appliqua le conducteur de la pile, sur une légère incision faite au bout du doigt indica-

teur. Le doigt s'étendit aussitôt, et le bras tout entier fut pris de mouvements convulsifs. Le cadavre semblait ainsi montrer du doigt les différents spectateurs, dont quelques-uns, terrifiés, le croyaient revenu à la vie.

Le docteur Ure n'était point éloigné d'admettre que le sujet de ces expériences extraordinaires eût pu être ramené à l'existence si, dans les premières opérations, la moelle épinière n'eût été entamée et dilacérée. Il pensait qu'on aurait pu le ramener à la vie, si l'on eût commencé, comme il l'avait demandé, par rétablir les mouvements respiratoires :

« En réfléchissant, dit-il, sur les phénomènes galvaniques que nous venons de rapporter, nous sommes porté à penser que si, sans entamer et sans blesser la moelle épinière, ainsi que les vaisseaux sanguins du cou, on eût mis en jeu d'abord les organes pulmonaires, comme je le proposais, il y a quelques probabilités qu'on aurait pu restaurer la vie. Cet événement, sans doute peu désirable dans le cas d'un assassin, et peut-être contraire à la loi, aurait été cependant bien pardonnable dans une circonstance où il aurait été infiniment honorable et utile à la science (1). »

Il paraît même que, parmi les personnes qui assistaient à la galvanisation du cadavre de Clydsdale, ou qui avaient demandé qu'on y procédât, il s'en trouvait plusieurs qui n'avaient agi que dans l'espoir secret de voir revenir à la vie le supplicié ; on se proposait ensuite de le moraliser, de le ramener à la vertu, et de le marier.

Si nous avons décrit avec d'assez longs détails les expériences dans lesquelles on a mis en jeu, par l'action du gal-

(1) *Exposé des expériences faites sur le corps d'un criminel immédiatement après l'exécution, avec des observations physiologiques et philosophiques*, par Andrew Ure, docteur-médecin, membre de la Société géologique. (Lu à la Société littéraire de Glasgow, le 10 décembre 1818, et imprimé dans le *Journal of Sciences and the Arts*, n° 12, traduit de l'anglais par M. Billy.) — *Annales de chimie et de physique*, t. XIV, p. 350.

vanisme, le corps des hommes et des animaux, ce n'est pas dans le vain désir d'exciter par des ressorts grossiers l'intérêt ou la curiosité du lecteur. Selon nous, on a trop vite prononcé sur le peu de valeur scientifique de ces phénomènes; on a trop vite coupé court aux difficultés qu'ils soulèvent, en déclarant que l'électricité n'agit dans ce cas que comme un stimulant ordinaire, et qu'elle provoque les mouvements musculaires sur les animaux récemment mis à mort comme pourrait le faire à sa place tout autre excitant. En portant ce jugement, si généralement accepté aujourd'hui, on n'a pas tenu assez compte des faits nombreux et extraordinaires qui ont été observés. Il nous semble difficile d'admettre que l'électricité agisse, dans les cas de ce genre, comme un autre stimulant. Il n'est point de stimulant chimique capable de réveiller la sensibilité et la contractilité musculaires avec un tel degré de puissance, et d'une manière si en harmonie avec les mouvements qui s'accomplissent pendant la vie. La meilleure réponse à faire à cette explication, c'est que, lorsque Jean Aldini se livrait aux expériences dont nous avons rapporté les résultats, il attendait toujours, pour commencer ses opérations, que les organes de l'animal fussent devenus insensibles à l'action des excitants ordinaires; il n'administrait le galvanisme que lorsque toute sensibilité par les irritants mécaniques ou chimiques, tels que l'ammoniaque, les acides, etc., avait entièrement disparu. L'électricité n'agit donc point, comme on l'a dit tant de fois à la manière d'un stimulant ordinaire, puisque son action s'exerce sur nos organes lorsque tout autre moyen de stimulation n'éveille plus aucune impression.

Si l'on réfléchit maintenant qu'avec le courant électrique on a réveillé sur le cadavre les sécrétions organiques, — qu'Aldini a provoqué sur le corps d'animaux décapités la sécrétion salivaire en faisant agir l'électricité sur les glandes

parotides (1), — que le docteur Wilson Philip a rétabli par le même moyen, sur des lapins vivants, les fonctions suspendues de la respiration et de la digestion (2); — si l'on se rappelle que des appareils spéciaux pour la production de l'électricité existent dans quelques animaux, entre autres chez le gymnote, la torpille, le silure et la raie; — que les travaux des physiologistes de nos jours ont mis hors de doute l'existence d'un courant propre dans les muscles et les nerfs des animaux; — que M. Du Bois Raymond, de Berlin, qui s'est tant occupé, à notre époque, de ce genre de phénomènes, montre très-facilement par l'expérience, à l'aide du galvanomètre, la production d'un courant électrique pendant la contraction des muscles, chez l'homme; — on demeurera convaincu que cet ensemble de faits, qui se rattachent aux questions les plus élevées de la physiologie générale, mérite un examen très-approfondi. Nous ne voulons pas discuter ici la grande question de l'identité ou de l'analogie du fluide électrique avec l'influx nerveux qui anime le corps des animaux, et nous ne ferons à cet égard qu'une réflexion générale. L'étude de l'électricité animale, la doctrine de l'identité ou l'analogie de l'électricité avec le fluide nerveux, a été, il y a cinquante ans, l'objet de l'enthousiasme presque unanime du monde savant. Ces idées sont tombées, de nos jours, dans un complet discrédit. Il appartient à notre époque, également exempte de l'entraînement de l'enthousiasme qui accueillit les premiers temps de cette découverte, et de tout dédain systématique pour une théorie quelconque, d'approfondir cette question. Aussi espérons-nous que la science, de nos jours, tentera de soumettre au contrôle attentif de l'expérience et de l'induction des phénomènes qui offrent un intérêt égal aux méditations

(1) *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*, p. 147.
(2) *Annales de chimie et de physique*, t. XIV, p. 342.

de la philosophie, aux recherches expérimentales de la physique, et aux bienfaisantes applications de l'art de guérir.

CHAPITRE VI

Applications chimiques de la pile. — Berzelius et Hissinger. — Recherches et découvertes électro-chimiques de Davy. — Étude des phénomènes qui accompagnent la décomposition de l'eau par la pile. — Nouvelle théorie des affinités chimiques par Davy. — Décomposition des alcalis et des terres au moyen de la pile de Volta. — Découverte du potassium, du sodium, du baryum et du strontium. — L'Institut de France décerne à Davy le prix fondé par le premier Consul. — Recherches physico-chimiques de Gay-Lussac et Thenard avec la pile donnée par Napoléon à l'École polytechnique. — Découverte de nouveaux effets de la pile. — La pile de Wollaston et la pile de Children. — Les piles sèches. — Dernier progrès de la science électrique jusqu'à la découverte de l'électro-magnétisme par Œrsted, en 1820.

Bien que résultant des travaux des physiciens, la pile voltaïque ne devait pas tarder à s'introduire dans la chimie, son domaine naturel. Elle était appelée à produire dans cette science une véritable révolution, en l'enrichissant de faits inattendus, en perfectionnant ses méthodes d'expérience et en lui fournissant une nouvelle théorie générale. Les travaux de Nicholson et de Carlisle sur la décomposition de l'eau, et ceux de Cruikshank sur la décomposition des sels, avaient donné le signal de l'emploi de la pile comme moyen d'analyse chimique. Ces recherches furent continuées par Berzelius et Hissinger qui, s'occupant particulièrement de la décomposition électro-chimique des sels, observèrent le grand fait du transport des éléments des corps composés à chacun des deux pôles de la pile, à travers le liquide soumis à l'action de l'électricité. A cette époque, tous les sa-

vants des divers pays marchaient du même pas dans cette nouvelle carrière, de telle sorte que la même découverte était faite quelquefois simultanément par divers chimistes très-éloignés les uns des autres ; la même observation se faisait presque à pareille heure à Stockholm, à Copenhague, à Berlin, à Iéna, à Gênes, à Londres et à Paris.

Cependant beaucoup de faits, restés indécis, avaient besoin d'être discutés sévèrement pour être réduits à leurs résultats certains. Les découvertes acquises à la science, par un si grand nombre d'observations éparses et multipliées, avaient besoin d'être rassemblées en un faisceau commun ; il fallait réunir les rayons divergents de ces lumières nouvelles pour les concentrer en un même point, et en composer un puissant flambeau propre à éclairer la route de l'avenir.

C'est à Humphry Davy qu'appartenait cette tâche magnifique. C'est ce savant illustre qui, embrassant dans leur ensemble toutes les découvertes faites jusqu'à cette époque concernant l'action chimique de la pile, sut les rattacher par un lien commun, les éclairer d'un jour nouveau, et, par leur application à la chimie, changer la face de cette science.

Le 29 décembre 1806 marque la date d'une grande époque dans l'histoire de l'électricité. C'est ce jour-là, en effet, que Davy, dans la *Lecture Bakérienne* de cette année, donna communication au monde savant de son immortel mémoire sur le *Mode d'action chimique de l'électricité* (1).

Voici les divisions principales du mémoire de Davy :

I. Sur les changements produits dans l'eau par l'électricité.

(1) Baker, savant anglais, mort en 1774, fonda une rente annuelle de cent livres sterling pour un discours qui serait prononcé par un des membres de la Société royale sur un sujet important de philosophie naturelle. Davy fut chargé cinq ans de suite, de 1806 à 1810, de la *Lecture Bakérienne*.

— II. Sur l'action de l'électricité dans la décomposition de divers corps composés. — III. Sur le transport de certaines parties constituantes des corps, par l'action de l'électricité. — IV. Sur le passage des acides, des alcalis et autres substances à travers divers menstrues chimiques, au moyen de l'électricité. — V. Observations générales sur ces phénomènes et sur le mode de décomposition et de transport. — VI. Sur les principes généraux des changements chimiques produits par l'électricité. — VII. Sur les relations qui existent entre les actions électriques des corps et leurs affinités chimiques. — VIII. Sur le mode d'action de la pile de Volta, avec les éclaircissements que donne l'expérience. — IX. Généralisation et application des faits et des principes précédents (1).

Le mémoire de Davy débutait, comme on le voit, par l'étude de la décomposition électro-chimique de l'eau. Depuis plusieurs années, en effet, ce phénomène était devenu l'objet d'une foule d'observations contradictoires, qui avaient jeté une grande confusion sur ce sujet. Lavoisier avait établi, par ses expériences purement chimiques, la véritable composition de l'eau. Soumettant ce liquide à l'action d'un courant électrique, Nicholson et Carlisle avaient confirmé cette grande découverte de Lavoisier ; ils avaient vu l'hydrogène se rendre au pôle négatif et l'oxygène au pôle positif. Les mêmes expérimentateurs avaient constaté aussi les rapports simples qui existent entre les volumes des deux gaz obtenus. Mais les personnes qui voient aujourd'hui la décomposition de l'eau s'exécuter dans nos laboratoires d'une manière si simple et si facile, auraient peut-être beaucoup de peine à comprendre les défiances, les oppositions de toutes sortes qui, à l'origine, accueillirent ce fait capital. Le phénomène était loin de se présenter alors avec la netteté que nous lui voyons maintenant. En même temps, en effet, que l'oxygène et l'hydrogène apparaissaient, on voyait se produire au pôle

(1) *Philosophical Transactions*, 1807. — *Annales de chimie*, t. LXIII, p. 172.

positif un acide, et une base au pôle négatif. La nature de cette base et de cet acide variaient d'ailleurs suivant l'espèce de vases employés. De là une confusion inexprimable. La composition de l'eau n'était pas encore universellement admise ; il restait quelques esprits aveugles qui s'obstinaient à nier la découverte de Lavoisier. Ces bases et ces acides, qui formaient l'escorte obligée des deux gaz, compliquaient encore cette première difficulté, et jetaient les esprits dans un trouble extraordinaire. On trouvait dans ce fait matière aux opinions les plus étranges et à des hypothèses si bizarres, que l'on a quelque peine à s'en rendre compte aujourd'hui. On confondit ces deux phénomènes, savoir : la formation de l'hydrogène et de l'oxygène, et la production d'un acide et d'un alcali. Cruikshank regardait l'acide formé pendant la décomposition électro-chimique de l'eau comme de l'acide azotique, et la base comme de l'ammoniaque. Désormes opinait pour l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque. Mais, d'un autre côté, certains chimistes affirmaient que, sous l'influence de l'électricité, l'eau peut se convertir en une base et un acide ; d'autres regardaient l'oxygène et l'hydrogène comme de l'eau en combinaison avec de l'électricité. Brugnatelli allait jusqu'à prétendre que le fluide électrique pouvait lui-même se changer en un corps matériel ; il admettait la formation d'un *acide électrique*. D'autres enfin, Monge, par exemple, pour expliquer l'apparition des deux gaz sur deux points du liquide éloignés l'un de l'autre, admettaient la formation d'une eau hydrogénée à un pôle, et d'une eau oxygénée à l'autre. Et nous omettons encore bien des suppositions telles que leur sens précis ne saurait être clairement formulé. C'est en cet état que Davy trouva la question ; elle était, comme on le voit, bien embrouillée et bien obscure. Cependant il n'hésita pas à aborder de front toutes ces difficultés.

Rien n'est plus intéressant que de suivre la série de tâton-

nements successifs par lesquels Davy eut à passer dans l'exécution de son travail, de montrer comment il réussit d'abord à dégager le grand fait de la décomposition de l'eau des phénomènes accessoires qui l'offusquaient; comment il constata que les bases et les acides, dont l'apparition était constante, n'étaient pas, ainsi qu'on l'avait pensé, formés de toutes pièces durant l'opération, mais provenaient simplement de la décomposition de certains sels disséminés dans les vases dont on faisait usage; comment il dut abandonner l'emploi des vases de verre pour ceux d'agate, puis ces derniers pour des vases d'or, qui ne pouvaient rien céder au courant voltaïque.

Une circonstance particulière s'était toujours présentée, comme nous venons de le dire, dans la décomposition de l'eau par la pile : on voyait constamment apparaître une base au pôle négatif, ce qui donnait lieu aux interprétations les plus diverses. Cette formation spontanée d'un acide et d'un alcali pendant la décomposition électro-chimique de l'eau fut le premier problème dont Davy se proposa la solution. Les piles dont il fit usage étaient composées, l'une de cent cinquante couples cuivre-zinc de $0^{m},12$ de côté, l'autre de cent couples cuivre-zinc de $0^{m},16$ de côté ; le liquide excitateur était une solution saturée de sulfate d'alumine. La disposition de l'expérience consistait à faire arriver le courant par un fil d'or ou de platine dans une capsule remplie d'eau distillée, et communiquant, au moyen d'une mèche d'amiante, avec une deuxième capsule également pleine d'eau, et dans laquelle plongeait le fil d'or ou de platine en contact avec le pôle négatif de l'*électro-moteur* (pile).

La solution que Davy donna du problème fut complète. Il démontra que l'eau distillée, qui était sensiblement pure pour les réactifs chimiques ordinaires, contenait pourtant des sels et particulièrement de l'hydrochlorate de soude (sel marin), dont la base était transportée par le courant au

pôle négatif et l'acide au pôle positif de la pile. Il reconnut que la capsule, dans laquelle plongeait le fil positif, était elle-même rongée par l'action du courant, bien qu'elle fût composée des substances les moins solubles, c'est-à-dire de cristal, d'agate, de marbre, de sulfate de chaux, de sulfate de strontiane ou de baryte, etc. ; et que les sels contenus dans la substance de ces divers récipients étaient décomposés par la pile, et leurs éléments transportés à leurs pôles respectifs. Voici comment Davy parvint à se convaincre de la réalité de ce fait.

Dès ses premières expériences, il avait reconnu que l'acide qu'il obtenait constamment n'était autre chose que de l'acide chlorhydrique, et la base toujours de la soude. S'apercevant alors que le verre se trouvait légèrement corrodé au point de contact des fils conducteurs, il n'hésita pas à attribuer l'origine de l'acide chlorhydrique et celle de la soude à la présence d'une petite quantité de sel marin qui devait se trouver contenu dans le verre, et l'expérience directe vint bientôt justifier cette conjecture.

Davy employa alors pour récipients, des vases d'agate. Mais il obtint encore une petite quantité de soude et d'acide chlorhydrique. Toutefois ces corps diminuaient à mesure que l'on faisait de nouvelles expériences dans les mêmes vases. Aux vases d'agate il substitua enfin de petits cônes d'or, qui ne pouvaient rien céder au courant voltaïque. L'emploi de ces cônes d'or, réunis entre eux par des filaments d'amiante, ne donna pas tout de suite des résultats satisfaisants, car on obtenait encore de la soude et de l'acide azotique. Davy soupçonna dès lors la pureté de l'eau distillée elle-même, et ce soupçon était juste, car un litre de cette eau, évaporée à siccité, lui fournit une petite quantité d'azotate de soude.

Distillée de nouveau avec de grandes précautions, et placée dans les vases d'or, cette eau ne donna plus aucune trace d'alcali fixe. Cependant le papier de tournesol rougi se

trouvait encore légèrement influencé par la liqueur, qui, portée à l'ébullition, perdait ses propriétés alcalines ; d'un autre côté, le pôle positif recueillait encore de l'acide azotique, et alors même que l'ammoniaque ne continuait pas à se produire, la quantité d'acide devenait à ce pôle de plus en plus considérable. Davy comprit dès lors que les éléments de l'eau et ceux de l'air atmosphérique prenaient à la fois part à la réaction, et il expliqua la formation continue d'acide azotique, même quand l'ammoniaque ne se montrait plus, au moyen de ce fait découvert par Priestley, que dans l'eau aérée un courant de gaz hydrogène chasse l'azote de sa dissolution dans l'eau, en y laissant coexister l'oxygène.

Il ne restait donc plus qu'une expérience à faire pour démêler les phénomènes accidentels de la décomposition de l'eau : il fallait opérer à l'abri de l'air. Plongeant les fils d'or de sa pile dans de petites capsules d'or pur, remplissant ces capsules d'eau, qu'il avait lui-même distillée dans des vases d'argent et purgée par une ébullition lente de toute trace d'air, établissant la communication entre les deux capsules au moyen d'une mèche d'amiante, plaçant enfin les capsules d'or sous le récipient de la machine pneumatique, pour opérer hors du contact de l'air, Davy reconnut qu'il ne se dégageait au pôle positif que de l'oxygène, au pôle négatif que de l'hydrogène, et qu'il n'y avait formation d'aucune trace de substance acide ou alcaline. La conversion de l'eau en oxygène et hydrogène, sans autre produit, se trouva ainsi définitivement démontrée.

Après cette admirable analyse du phénomène de la décomposition électro-chimique de l'eau, Davy abordait, dans son mémoire, l'action qu'exerce la pile sur les composés salins. Il avait soumis à ses expériences, d'une part, les sels solubles dans l'eau, d'autre part, les sels insolubles dans ce liquide. Parmi les sels solubles dans l'eau, les sulfates de potasse, de soude, d'ammoniaque, l'alun, l'azotate de baryte,

le phosphate de soude, les succinates, oxalate et benzoate d'ammoniaque ; et parmi les sels insolubles, les sulfates de chaux, de baryte et de strontiane, le fluorure de calcium, l'azéolithe, la lépidolithe et le verre ordinaire, furent soumis par Davy à l'action décomposante de la pile, et tous se comportèrent dans cette circonstance de la même manière.

Après avoir isolé dans toute sa simplicité le phénomène de la décomposition électro-chimique de l'eau, et dégagé ce fait essentiel des accidents qui l'avaient troublé dans les expériences de ses prédécesseurs, après avoir rapporté les résultats de l'action du courant électrique sur un certain nombre de sels, le profond chimiste montrait, dans la sixième partie de son mémoire, que ce n'étaient là que des exemples particuliers d'une loi des plus générales. Il faisait voir que, sous l'influence de la pile, tous les autres composés peuvent, aussi bien que l'eau, se réduire en leurs éléments ; — que dans les décompositions de ce genre, le corps acide se porte constamment au pôle positif, et le corps basique au pôle négatif ; — enfin, que les corps simples affectent aussi des rapports d'élection galvanique invariables.

Mais, en voyant tous les composés chimiques se défaire sous l'influence de l'électricité, Davy avait été conduit à admettre que la cause de la combinaison des corps réside aussi dans une véritable attraction électrique, et par une série d'inductions et d'expériences qu'il serait trop long de rapporter, il proclamait ce fait, que *l'affinité chimique n'est autre chose que l'électricité*, ou, en d'autres termes, que la force qui détermine l'union des corps et qui maintient les combinaisons formées, est identique avec la force électrique. Telle est l'origine de la théorie électro-chimique, si brillamment défendue par Berzelius, et qui a exercé sur l'esprit de la chimie une si profonde et si durable influence, que depuis vingt ans seulement on a commencé à en secouer l'autorité.

Nous renonçons avec peine à pousser plus loin l'analyse de cet admirable travail de Davy, à suivre l'auteur dans les considérations générales auxquelles il s'élève lorsque, cherchant à apprécier le rôle que joue l'électricité dans l'ensemble des phénomènes chimiques qui se passent sur notre globe, il semble lire, d'un regard assuré, dans l'avenir de la science. Nous avons hâte d'arriver à la magnifique application qu'il fit lui-même de ses idées, en se servant de la pile voltaïque pour réduire en leurs éléments les alcalis et les terres.

C'est en 1807, c'est-à-dire un an après la lecture du grand mémoire dont nous venons d'exposer les résultats, que Davy fit connaître sa découverte de la décomposition électro-chimique des alcalis et des terres.

Depuis longtemps on avait remarqué la ressemblance chimique des *terres*, c'est-à-dire de la chaux, de la baryte, de la magnésie, etc., avec les oxydes métalliques, et celle des oxydes avec les alcalis, c'est-à-dire la potasse, la soude et l'ammoniaque. Lavoisier, dès les premiers temps de la chimie, avait pressenti cette grande vérité (1). Mais, depuis cette époque, Berthollet avait découvert la composition de l'ammoniaque, et prouvé que cet alcali est formé d'hydrogène et d'azote. Ce fait avait rompu la ligne entrevue des analogies. Si, d'un côté, on persistait à regarder, avec

(1) Voici ce qu'écrivait à ce sujet Lavoisier en 1789, dans son *Traité élémentaire de chimie :* « Il serait possible que toutes les substances auxquelles nous donnons le nom de *terres* ne fussent que des *oxydes métalliques*, irréductibles par les moyens que nous employons... *Il est à présumer*, ajoutait-il plus loin, que *les terres cesseront bientôt d'être comptées au nombre des substances simples;* elles sont les seuls corps de toute cette classe qui n'aient point de tendance à s'unir à l'oxygène, et je suis bien porté à croire que cette indifférence pour l'oxygène, s'il m'est permis de me servir de cette expression, tient à ce qu'elles en sont déjà saturées. Les terres, dans cette manière de voir, seraient des *substances simples*, peut-être des substances métalliques, *oxygénées à un certain point.* »

Lavoisier, les terres comme des oxydes métalliques, d'autre part, l'analogie des alcalis fixes avec l'ammoniaque amenait à prêter à ceux-ci une constitution analogue à celle de l'ammoniaque. Davy, par exemple, s'imaginait, avant ses recherches, que les alcalis fixes étaient formés de phosphore et d'azote. Cependant, armé d'un agent de décomposition aussi puissant que la pile, il n'hésita pas à aborder ce grand problème.

Il essaya d'abord de soumettre à l'action de la pile une dissolution aqueuse de potasse. Mais l'eau se décomposait seule. Il plaça alors dans le cercle de la batterie voltaïque un morceau de potasse maintenue en fusion par la chaleur; mais ce corps, privé d'eau, ne livrait point passage à l'électricité. Il essaya enfin d'abandonner l'alcali pendant quelques minutes à l'air, pour lui laisser attirer un peu d'humidité; rendu ainsi suffisamment conducteur, il le plaça entre les pôles de la pile, et dès lors l'expérience eut un plein succès. La potasse entra en fusion par la chaleur de la décharge électrique, et bientôt on put observer au pôle positif un bouillonnement gazeux produit par le dégagement de l'oxygène, tandis qu'au pôle négatif apparaissaient de petits globules semblables au mercure par la couleur et par l'éclat, mais tellement combustibles et oxydables, que, dès leur formation, ils se recouvraient d'une croûte blanche en reproduisant de la potasse. Jetés sur l'eau, ces globules y brûlaient avec une flamme éclatante. Davy venait de décomposer la potasse en oxygène et en un métal nouveau qui a reçu le nom de *potassium*.

Cette découverte, l'une des plus brillantes des temps modernes, honore particulièrement l'esprit et le labeur humains, en ce qu'elle est le fruit unique de l'induction expérimentale, en ce que le hasard ni les secours étrangers n'y prirent aucune part. Ce qui faisait son extrême importance, c'est qu'elle donnait le signal d'une série d'autres

découvertes semblables. En effet, la potasse une fois analysée, la composition de la soude et de toutes les bases terreuses était par cela même connue. Après avoir réduit la potasse, Davy, dès le lendemain, décomposa la soude. Il dut, toutefois, employer une pile plus puissante.

Disons, en passant, que les piles voltaïques, employées par Davy dans ces expériences mémorables, n'avaient rien de bien inusité pour l'énergie. Celle qui servit à décomposer la potasse était formée de 250 plaques de 6 et de 24 pouces. On réussit même avec 100 plaques seulement de 6 pouces. Les personnes qui ont attribué le succès des recherches du chimiste anglais à l'emploi de batteries énormes étaient donc fort injustes envers lui.

Les travaux de Davy furent interrompus à cette époque par une grave maladie. Pendant sa convalescence, et grâce à une souscription de ses concitoyens, une pile de 600 couples de 4 pouces fut construite et mise à sa disposition. Il dirigea cette artillerie contre les terres, mais elles furent plus difficiles à réduire que la potasse et la soude. Il réussit pourtant à décomposer la baryte, la strontiane et la chaux, et put isoler les métaux contenus dans ces oxydes. En soumettant à l'action de la pile des fragments de strontiane et de baryte, il vit une flamme apparaître à la pointe du fil négatif. Comme le défaut de conductibilité électrique des terres était l'obstacle qui l'arrêtait, il augmenta cette conductibilité électrique en chauffant avec un peu d'acide borique les oxydes qu'il soumettait à l'action du courant. Grâce à cet artifice, la matière inflammable se montra plus facilement. Mais Davy reconnut qu'il n'y avait qu'un moyen de recueillir le corps combustible dégagé : c'était de former un alliage de ce corps avec des métaux, et pour cela, de soumettre à l'action de la pile les terres mélangées avec un oxyde de plomb, de mercure ou d'argent.

Voici donc le procédé dont le chimiste anglais fit usage

pour obtenir quelques parcelles de métaux terreux. Il réduisait en poudre de la baryte, de la strontiane, de la magnésie ou de la chaux, ajoutait à ces terres un tiers de leur poids d'oxyde de mercure, et plaçait ce mélange dans une lame de platine façonnée en godet, dans lequel il introduisait un peu de mercure recouvert d'huile de naphte ; il se servit pour ces dernières expériences d'une pile de 500 paires. Il obtint ainsi des amalgames qui, distillés dans des tubes de verre pleins de vapeurs de naphte, donnèrent pour résidus des corps blancs qui se transformaient à l'air, en augmentant de poids, en baryte, strontiane, chaux et magnésie.

Davy en était là de ses recherches, lorsqu'il reçut de Berzelius une lettre contenant la description d'un très-ingénieux procédé qui avait permis à l'illustre chimiste de Stockholm, aidé du docteur Pontin, de décomposer la baryte et la chaux assez facilement et sans grand appareil. Berzelius et Pontin avaient eu l'heureuse idée de placer, au pôle négatif de la pile, du mercure métallique contenu dans une petite cavité creusée sur un fragment de baryte ou de chaux ; le mercure facilitait la réduction de l'oxyde en s'amalgamant au fur et à mesure avec le métal rendu libre (1).

(1) Le mémoire de Davy, qui renferme l'histoire de ses tentatives pour la décomposition de la baryte, de la strontiane, de la chaux, et qui a pour titre : *Recherches électro-chimiques sur la décomposition des terres*, fut lu le 30 juin 1808 à la Société royale de Londres. Voici comment Davy raconte l'expérience de Berzelius, répétée par lui-même au laboratoire de l'Institution royale :

« Un globule de mercure, formant le circuit d'une batterie composée de cinq cents couples de six pouces carrés, faiblement chargée, fut posé sur de la *baryte* légèrement humectée, placée sur une lame de platine. Le mercure perdit peu à peu de sa fluidité, et quelques minutes après il se couvrit d'une pellicule blanche de baryte. Lorsqu'on jeta l'amalgame dans de l'eau, il se dégagea de l'hydrogène, le mercure revint à son état primitif, et l'eau fut reconnue être une solution de baryte.

« Avec la *chaux*, les résultats furent exactement les mêmes.

« Il n'y avait point à douter que cette méthode ne réussît également avec la *strontiane* et la *magnésie*, et je me hâtai de tenter l'expérience. La strontiane me donna un résultat immédiat ; mais je ne pus d'abord

Davy essaya de soumettre à l'action de la pile la silice, l'alumine et la glucine, selon le procédé imaginé par Berzelius et Pontin. Mais il échoua dans cette tentative d'analyse électrique, car ces oxydes ne donnèrent point d'amalgame avec le mercure. En traitant par le potassium la silice, la magnésie, l'yttria et la glucine, de manière à déplacer l'oxygène de ces bases, il reconnut bien que ces substances étaient des oxydes, mais il ne put isoler assez bien leur radical pour s'assurer s'il était métallique. La solution de cette question était réservée à Berzelius et à MM. Woehler et Bussy.

Le magnifique ensemble de découvertes contenu dans la longue série des recherches de Davy, que nous venons d'exposer, remplissait glorieusement toutes les conditions du programme de prix publié en 1801 par l'Institut national de France. En 1808, la France honora dignement le génie du physicien anglais, en lui décernant le prix fondé par le premier Consul « pour ses découvertes annoncées dans les *Tran-« sactions philosophiques* de 1807. » Faisons bien remarquer pourtant que ce ne fut pas, comme on l'a toujours dit jusqu'ici, le prix extraordinaire de 60000 francs, mais seulement une somme de 3000 francs qui fut accordée à Davy. La rémunération était faible sans doute, comparée à la grandeur, à l'importance des découvertes du savant anglais. Mais si l'on se rappelle la guerre acharnée qui divisait alors l'Angleterre et la France, on sentira toute la valeur de ces trois mille francs envoyés, à une pareille époque, de Paris à Londres, au nom de Napoléon. En cela, la France obéissait à ces traditions généreuses qui lui font chercher, découvrir, proclamer le mérite étranger, et décerner la palme du génie

procurer d'amalgame avec la magnésie. Cependant, en prolongeant me l'opération et entretenant cette terre continuellement humide, j'obtins enfin une combinaison de sa base avec le mercure, laquelle reproduisit lentement de la magnésie en absorbant l'oxygène de l'air ou celui de l'eau. »

scientifique, sans regarder au drapeau d'une nation ennemie (1).

Les travaux de Davy avaient excité chez les savants de tous les pays une émulation extraordinaire. C'est en France que se manifestèrent les plus importants résultats de cette noble rivalité. Dans l'ouvrage de Gay-Lussac et Thenard, *Recherches physico-chimiques*, qui fut publié en 1811, on trouve l'exposé d'un grand nombre d'observations remarquables sur les effets physiques et chimiques de la pile.

Ces recherches de Gay-Lussac et Thenard furent commencées à l'occasion de la grande pile que Napoléon avait donnée à l'École polytechnique. Comme Berthollet lui parlait un jour des grands travaux de Davy sur l'électricité, l'Empereur demanda avec son impétuosité ordinaire pourquoi ces découvertes n'avaient pas été faites en France.

— Sire, répondit Berthollet, c'est que jusqu'à ce jour nous n'avons pas possédé de pile voltaïque assez puissante.

— Eh bien ! qu'on en construise sur-le-champ une suffisante, et qu'on n'épargne ni soin ni dépense.

C'est ainsi que fut construite aux frais de l'État la magnifique pile voltaïque de l'École polytechnique.

(1) Après la récompense solennelle accordée aux travaux de Davy, aucun autre prix n'a été décerné par notre Académie des sciences pour encourager les progrès de l'électricité. Il a été question, sur une demande de la famille Æersted, d'accorder une récompense à ce physicien, pour sa découverte, faite en 1820, de l'action de la pile sur l'aiguille aimantée, qui a eu pour résultat la création de l'électro-magnétisme, et toutes les applications de ce fait immense réalisées aujourd'hui au grand bénéfice des nations. Mais ce projet n'eut point de suite, les ministres de la restauration ayant refusé de mettre à la disposition de l'Académie la somme promise par le gouvernement consulaire.

L'importance extrême du rôle que l'électricité est appelée à remplir dans la science et l'industrie n'ont pas manqué de frapper l'attention de l'Empereur Napoléon III. Un des premiers actes de son pouvoir a été l'institution, faite le 23 février 1852, d'un prix de 50000 francs à décerner en 1857, pour récompenser les applications pratiques de la pile de Volta. Ce prix n'a pas été décerné encore, il a été prorogé jusqu'à l'année 1863.

Cette pile était composée de 600 couples de cuivre et de zinc de 9 décimètres carrés pour chaque plaque ; toute la batterie avait 54 mètres carrés de surface.

Gay-Lussac et Thenard reconnurent et apprécièrent avec beaucoup d'exactitude l'influence du nombre des couples de la pile sur l'intensité de ses effets, et celle de l'acidité plus ou moins grande du liquide dont elle est chargée. Ils analysèrent aussi avec beaucoup de soin plusieurs autres circonstances physiques ou chimiques, qui influent sur la manifestation des phénomènes chimiques de la pile, et confirmèrent les résultats obtenus par Davy sur la décomposition des alcalis et des terres, en employant des procédés d'une nature différente. C'est à Gay-Lussac et Thenard que l'on doit la découverte du procédé de préparation du potassium et du sodium par l'action du charbon sur le carbonate de potasse ou de soude, méthode qui permit d'obtenir pour la première fois, en proportions notables, ces curieux métaux qu'on n'avait pu se procurer jusque-là qu'en très-petite quantité par l'action de la pile.

Pendant que l'on construisait à Paris, par l'ordre de Napoléon, la grande batterie de l'École polytechnique, les directeurs de l'*Institution royale de Londres*, dans un noble but de rivalité scientifique, profitèrent de cette circonstance pour stimuler le zèle de leurs concitoyens. La pile qui avait servi à Davy à exécuter ses nombreuses expériences s'était complétement usée entre ses mains par l'action prolongée des acides, et se trouvait hors de service. On ouvrit une souscription pour la remplacer : « Les recherches électro-chimiques, écri-« vaient les directeurs de l'Institution royale, ont pris nais-« sance en notre pays; ce serait un déshonneur pour une « nation si puissante et si riche que, faute d'assistance pé-« cuniaire, elles allassent se compléter ailleurs. » La liste de souscription fut promptement remplie, et Davy se vit bientôt en possession de la plus belle batterie que l'on eût encore vue.

« La plus puissante combinaison qui existe, disait-il en 1812 dans ses *Éléments de philosophie chimique*, dans laquelle le nombre des couples est combiné avec l'étendue de surface, est celle qui fut donnée au laboratoire de l'Institution royale par un petit nombre de zélés patrons de la science. Elle se compose de deux cents groupes joints ensemble dans un ordre régulier, composés chacun de dix doubles plaques placées dans des auges de porcelaine, chaque plaque contenant trente-deux pouces carrés ; ainsi le nombre total des couples métalliques est de deux mille, et la totalité de la surface est de cent vingt-huit mille pouces carrés. »

Le liquide qui servait à mettre en action cette puissante pile consistait, comme celui qui avait été employé précédemment dans la plupart des expériences de Davy, en une dissolution d'alun aiguisée d'acide sulfurique. Le gaz hydrogène qui se dégageait par suite de l'action de l'acide sulfurique sur le zinc, était si considérable quand les deux mille plaques étaient mises en action, que l'on n'aurait pu manier sans danger un tel instrument ; aussi l'appareil était-il établi dans une cave, d'où partaient des fils conducteurs, pour aboutir dans la salle supérieure où les expériences s'exécutaient.

C'est avec cette remarquable batterie, qui fut installée en 1813 dans le laboratoire de l'Institution royale, que Davy put étudier et développer dans toute leur beauté les phénomènes physiques et chimiques de la pile, et produire la lumière et la chaleur les plus intenses que l'on eût développées jusque-là par des moyens artificiels. En se servant d'acide azotique étendu pour charger les deux mille couples, Davy découvrit l'*arc lumineux de la pile*, qui est comparable, par son intensité, à la lumière solaire, et dont l'emploi, rendu pratique de nos jours, a permis de créer l'éclairage électrique.

Davy observa que, lorsqu'on termine les deux fils conducteurs de la pile par deux pointes de charbon, et que l'on approche ces deux charbons l'un de l'autre à environ un trentième de pouce de distance, on voit jaillir aussitôt entre les

deux conducteurs une étincelle d'un éclat incomparable. En éloignant peu à peu les charbons l'un de l'autre, le jet de lumière s'étendait et formait, à travers l'air, une courbe étincelante de trois à quatre pouces de longueur. Toute matière introduite dans ce foyer sans pareil y disparaissait aussitôt par fusion ou volatilisation : le platine, le cristal de roche, le saphir, la magnésie, la chaux, et toutes les substances les plus réfractaires y semblaient vaporisées. Ces divers phénomènes se reproduisaient dans le vide, ce qui montrait bien que cet effet n'était pas dû à l'oxygène atmosphérique, mais bien le résultat propre du calorique développé par le courant. Il est inutile d'ajouter que toutes les décompositions chimiques observées jusque-là furent reproduites par cette nouvelle batterie avec une intensité prodigieuse.

La grande batterie de Davy trouva pourtant sa rivale. A la même époque, un riche amateur de sciences, nommé Children, venait de faire construire une pile composée dans le système dit *couronne de tasses*, et modifiée par Wollaston. Sous le rapport de la dimension des plaques, c'est la plus grande pile qui ait jamais été construite. Chacun de ses éléments présentait une surface de trente-deux pieds carrés, et elle contenait vingt et un de ces éléments. Par le courant de cette pile, de gros fils de platine, dont quelques-uns avaient jusqu'à cinq pieds et demi de long et deux lignes de diamètre, étaient rougis, dans une portion plus ou moins grande de leur longueur, et même en partie fondus. Les oxydes, les métaux infusibles dans les foyers ordinaires, et en particulier l'iridium, furent mis en fusion de cette manière. On réussit à fondre complétement une tige carrée de platine, de deux lignes de diamètre sur deux pouces trois lignes de long. De la poussière de diamant étant placée dans une fente pratiquée à la scie, en travers d'un fil de fer, le diamant fut liquéfié et le fer qui le touchait se transforma en acier. C'est en 1813 et en 1815 que Children exécuta ces curieuses expériences.

Le génie particulier du physicien Wollaston le portait à produire de grands résultats avec de petits moyens. Dès qu'il eut connaisance des effets de la pile de Children, il voulut, pour ainsi dire, retourner l'expérience, et produire tous ces puissants phénomènes à l'aide de l'appareil voltaïque le plus petit que l'on eût employé jusque-là. On raconte que Wollaston ayant rencontré un soir, dans une rue de Londres, un de ses amis, tira de sa poche un dé à coudre de cuivre, et s'en servit pour construire une pile microscopique reproduisant les effets de la gigantesque batterie de Children. Poûr cela, il enleva le fond du dé, l'aplatit avec une pierre, de manière à rapprocher les deux surfaces internes à deux lignes environ l'une de l'autre, ensuite il plaça entre les deux surfaces de cuivre une petit lame de zinc qui n'était en contact ni avec l'une ni avec l'autre des parois de cuivre, grâce à l'interposition d'un peu de cire à cacheter. Il plaça ce petit couple ainsi préparé dans un petit godet de verre, préalablement rempli avec le contenu d'une petite fiole d'eau acidulée avec de l'acide sulfurique. Réunissant extérieurement la lame de zinc et son enveloppe de cuivre au moyen d'un fil de platine, il fit rougir aussitôt ce fil par l'électricité développée dans cette petite pile. Les dimensions de ce fil de platine étaient excessivement petites; il avait seulement un trente-millième de pouce de diamètre et un trentième de pouce de longueur (1). En raison de ses dimensions exiguës, ce fil de platine pouvait être non-seulement rougi, mais fondu par cette petite batterie. Aussi l'ami de Wollaston, témoin de cette expérience, put-il allumer sur-le-champ de l'amadou à ce fil rougi.

Dans cette petite batterie de Wollaston, le cuivre enveloppait de toutes parts la lame de zinc, c'est-à-dire que l'élément négatif était bien supérieur, en surface, au métal posi-

(1) C'est à Wollaston que l'on doit l'ingénieux procédé qui sert à obtenir des fils d'or et de platine d'une microscopique ténuité.

tif. Cette expérience fit penser à Wollaston que dans toutes les piles en général, il fallait, pour obtenir les plus grands effets calorifiques, donner le plus d'étendue possible à l'élément positif. C'est depuis cette époque, et d'après les indications de Wollaston, que l'on a construit presque toutes les piles, en entourant chaque plaque de zinc d'une enveloppe de cuivre mise en communication avec la plaque de zinc suivante. Cette modification a rendu ces appareils beaucoup plus puissants, principalement pour la production des phénomènes de chaleur et de lumière.

C'est en appliquant cette même idée que le physicien américain Robert Hare construisit bientôt après les *piles en hélice*, qui permettent de donner au couple métallique une surface énorme dans le plus petit espace possible, et de diminuer ainsi la dépense du liquide acide, qui est très-grande dans les piles à auges. Les piles en hélice, dont nous donnerons, dans le chapitre qui va suivre, une description plus complète, se composent essentiellement de longues bandes de zinc et de cuivre laminés, attachées chacune par un bout, et séparées de distance en distance par de petits morceaux de bois. On forme ainsi un couple dont les deux éléments, isolés l'un de l'autre, ont chacun cinquante ou soixante pieds de surface. Chaque élément plonge dans un seau de bois contenant le liquide acide.

C'est aussi à la même époque qu'appartient la construction définitive des *piles sèches*, que Zamboni, professeur à Vérone, fit connaître et étudia avec soin en 1810. On nomme assez improprement *piles sèches* celles dans lesquelles le liquide acide est remplacé par un corps solide légèrement humide. Cependant Zamboni n'est point, comme on l'a dit, le véritable inventeur des piles sèches; c'est à Deluc qu'appartient cette découverte. En 1809, Deluc avait présenté à la Société royale de Londres une pile à colonne, composée de trois cents disques de zinc et de trois cents disques de

papier doré d'un seul côté, entassés les uns au-dessus des autres dans un tube de verre. En 1812, Zamboni fit connaître la manière de construire les piles sèches, qui est généralement adoptée aujourd'hui, et qui consiste à entasser et à presser fortement l'un contre l'autre des milliers de disques de papier un peu fort, dont une surface est étamée et l'autre recouverte d'une couche très-mince d'oxyde de manganèse en poudre, mêlée avec de la farine et du lait (1). Mais cette disposition de l'instrument n'était qu'une modification très-simple de la méthode de Deluc, qui doit être considéré comme le véritable inventeur des piles sèches (2).

On s'occupa beaucoup, à la suite des mémoires publiés sur ce sujet par Zamboni, des piles sèches et de leurs effets : on croyait voir réaliser le mouvement perpétuel par ce petit appareil, qui exerçait des attractions et des répulsions continues à ses deux pôles opposés. Mais on a reconnu de nos jours le peu de valeur scientifique de cet instrument, qui ne constitue pas d'ailleurs une pile sèche, puisque le papier, qui conserve toujours un peu d'humidité empruntée à l'atmosphère, en raison de sa propriété hygrométrique, y joue le rôle d'un conducteur humide.

Dans l'intervalle qui s'étend de 1815 à 1820, l'étude de la pile ne s'enrichit d'aucune découverte particulièrement digne d'être signalée. On continua de perfectionner la con-

(1) *Note historique sur les piles sèches* (*Annales de chimie et de physique*, t. XI, p. 190).

(2) Déjà, en 1803, Hachette et Desormes avaient fait connaître un appareil du même genre, dans la vue de simplifier la construction de la pile à colonne, ou plutôt pour essayer de confirmer le principe du développement de l'électricité par le simple contact et sans l'emploi d'aucun conducteur humide. Ils avaient remplacé, dans la colonne de Volta, le liquide interposé entre les couples, par des couches de colle d'amidon; mais cette combinaison était trop influencée par l'humidité pour pouvoir être regardée comme une pile sèche. Deluc est donc le véritable inventeur des *piles sèches*.

truction ou l'emploi de l'appareil producteur de l'électricité dynamique, et de poursuivre l'observation de ses effets physiques et chimiques. Mais l'année 1820 vit s'accomplir la plus remarquable de toutes les découvertes faites au moyen de la pile, depuis les travaux de Volta et de Davy. C'est alors que le physicien Œrsted constata l'action qu'un courant électrique exerce à distance sur l'aiguille aimantée. Cette observation fondamentale eut pour résultat presque immédiat la création d'une nouvelle branche de l'étude de l'électricité, c'est-à-dire l'*électro-magnétisme;* et les phénomènes électromagnétiques trouvèrent bientôt une vaste série d'applications, parmi lesquelles figure au premier rang la télégraphie électrique.

C'est au mois d'août 1820 qu'Œrsted, professeur de physique à Copenhague, fit connaître, dans un mémoire écrit en latin, et qui fut adressé aux principaux savants de l'Europe, le grand fait qui constitue son impérissable découverte. Bien des efforts avaient été tentés jusque-là pour saisir le rapport qui devait exister entre l'agent des phénomènes électriques et la cause inconnue de l'attraction et de la répulsion magnétiques, lorsque le physicien danois parvint à trouver la véritable marche expérimentale propre à donner la clef de ce grand mystère de la nature.

Réunissant par un fil métallique conducteur les deux pôles d'une pile en activité, Œrsted approcha ce fil conducteur près d'une aiguille aimantée qui pouvait facilement tourner sur son pivot. En disposant ce fil parallèlement à l'aiguille, soit au-dessus, soit au-dessous d'elle, il remarqua que l'aiguille aimantée était fortement déviée de sa direction vers le nord. L'aiguille magnétique était d'autant plus écartée de sa direction primitive qu'elle était plus rapprochée du fil conducteur de la pile; l'angle de cette déviation était aussi d'autant plus grand que la pile dont on faisait usage présentait plus d'énergie. Le sens de cette déviation dépen-

dait de deux circonstances : 1° de la direction suivant laquelle les fluides positif et négatif de la pile marchaient dans le fil conducteur par rapport aux deux pôles de l'aiguille aimantée ; 2° de la position du fil conducteur de la pile au-dessus ou au-dessous de l'aiguille aimantée.

Ainsi fut mis en évidence pour la première fois le grand fait de l'action exercée par l'électricité en mouvement sur les corps magnétiques, phénomène qui devait amener la science à des conséquences incalculables.

Ici se termine l'esquisse que nous nous sommes proposé de tracer de l'histoire de la pile voltaïque. La découverte d'Œrsted a ouvert l'admirable série des applications de l'électro-magnétisme, période qui s'étend jusqu'à notre époque et se continuera après nous. Nous avons mis sous les yeux du lecteur l'histoire de la pile considérée en elle-même. A dater de l'année 1820 jusqu'à nos jours, s'ouvre l'innombrable série des applications qui ont été faites de cet instrument, et dans lesquelles l'électro-magnétisme joue le rôle essentiel. Entrer dans l'exposé de ce nouvel ordre de faits, ce serait sortir des limites que nous avons dû nous imposer dans cette notice historique.

CHAPITRE VII

Formes diverses de la pile. — Piles à un seul liquide : pile à colonne, pile à couronne de tasses, pile à auges, pile de Wollaston et pile en hélice. — Piles à deux liquides : pile de Daniell, piles de Grove et de Bunsen.

Après avoir présenté l'histoire de la pile de Volta, il nous reste, selon l'ordre constant suivi dans cet ouvrage, à expo-

ser l'état actuel de cet appareil, les formes diverses qu'il a reçues ou qui sont actuellement en usage ; à donner enfin, la théorie générale de ses effets.

Pile a colonne. — Nous avons fait connaître, dans le chapitre précédent, la *pile à colonne*, première forme qu'ait reçue l'instrument électro-moteur découvert par Volta.

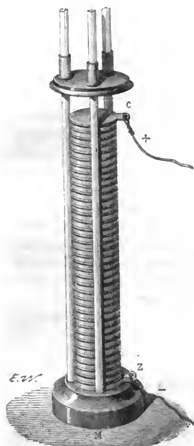


Fig. 18.

La figure suivante représente cet appareil, tel qu'il a été employé après Volta par les physiciens qui en ont étudié les effets, et tel qu'on le construit aujourd'hui.

Trois tiges verticales de verre sont portées sur un socle de bois verni M. Entre ces trois tiges s'élève la colonne qui résulte de l'entassement, dans le même ordre, d'un certain nombre de couples qui sont formés chacun : 1° d'une lame de zinc; 2° d'une lame de cuivre; 3° d'un disque de drap mouillé. Les couples sont placés de telle manière qu'ils se trouvent en contact par leurs métaux hétérogènes.

L'appareil est terminé à la partie inférieure par un disque de zinc Z, qui représente le pôle négatif, et à la partie

supérieure par un disque de cuivre C, qui représente le pôle positif (1).

Volta, avons-nous dit, avait aussi imaginé et fait adopter une autre forme de cet instrument qu'il désignait sous le nom de *pile à couronne de tasses* et dont la figure suivante représente la disposition.

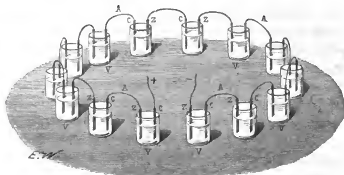


Fig. 19.

Cet appareil consiste en une série de vases de verre, V, qui renferment de l'acide sulfurique étendu de trente fois son poids d'eau. On dispose en cercle ces tasses à demi pleines d'eau acidulée, en nombre égal à celui des couples métalliques, de telle sorte que la première tasse reçoive le zinc du premier couple, la seconde tasse le cuivre du second couple et le zinc du troisième, et ainsi de suite, la dernière tasse recevant le cuivre de l'avant-dernier couple et le zinc du dernier. L'extrémité cuivre représente le pôle positif, l'extrémité zinc le pôle négatif de cet appareil électro-moteur. Chacun de ces vases de verre qui contient une lame

(1) Cette disposition des couples diffère de celle dont Volta faisait usage, en ce que l'on a supprimé deux disques métalliques qui n'étaient d'aucune utilité : savoir, le disque de cuivre de l'extrémité inférieure et le disque de zinc de l'extrémité supérieure. En d'autres termes, la pile à colonne représentée ci-dessus se termine par deux *demi-couples*, tandis que celle dont Volta faisait usage se terminait par deux *couples entiers*.

de cuivre et une lame de zinc, non en contact, mais séparées par le liquide acide, où elles plongent, représente un couple complet; les arcs métalliques A, A, A..., sont de simples moyens de communication établis pour remplacer le contact de deux couples contigus dans la pile à colonne. Un fil métallique, fixé à chacune des plaques qui terminent l'appareil, sert à établir le courant voltaïque.

Pile a auges. — La pile à auges, qui fut imaginée par Cruikshank, en 1802, comme une très-utile modification de la pile à colonne, se compose d'une caisse rectangulaire de bois, enduite à l'intérieur d'un mastic résineux isolateur. Cette caisse est partagée intérieurement en petites cases, ou auges, par des cloisons verticales et parallèles, formées chacune de deux plaques métalliques de zinc et de cuivre soudées entre elles et placées uniformément dans le même ordre, de telle sorte que la paroi droite de l'une des auges soit formée par une lame de zinc, par exemple, et la paroi gauche par une lame de cuivre. Pour mettre en action cet instrument, on verse dans la caisse de l'eau acidulée par

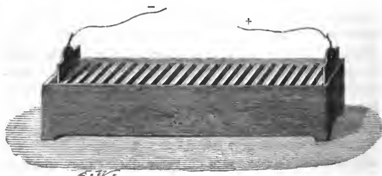


Fig. 20.

l'acide sulfurique, de manière à en remplir tous les compartiments, sans que toutefois le liquide déborde par-dessus les cloisons. La case extrême, qui a pour paroi métallique

le dernier zinc, représente le pôle négatif ; l'autre case extrême, terminée par le dernier cuivre, est le pôle positif. Les deux pôles communiquent entre eux au moyen de fils métalliques fixés à deux plaques de cuivre E, E', qui plongent dans les deux dernières cellules, et représentent les pôles de l'appareil.

La pile à auges n'est autre chose, comme on le voit, que la pile à colonne couchée horizontalement, et dans laquelle le liquide acide remplace les rondelles de drap mouillé. Chaque cellule de la pile à auges constitue un couple métallique complet, puisque ses deux parois opposées sont formées par des lames métalliques hétérogènes séparées par un liquide acide.

Ce genre de pile est d'un usage très-commode dans la pratique, par la rapidité avec laquelle on la met en activité; mais, comme la pile à colonne, elle présente cet inconvénient, que le contact du zinc avec l'acide sulfurique ne se fait que sur une des faces du zinc, ce qui diminue la quantité d'électricité que cet instrument pourrait fournir.

Pile de Wollaston. — C'est pour remédier à l'inconvénient qui vient d'être signalé, c'est-à-dire dans le but de faire agir le liquide acide sur les deux faces de l'élément zinc, que Wollaston donna à l'appareil électro-moteur la disposition suivante. Il plia chacune des lames de cuivre de manière à lui faire envelopper, sans le toucher, le zinc de l'élément suivant. Pour établir la communication métallique, il rattacha le cuivre au zinc au moyen d'un arc métallique servant à réunir les deux plaques. Tout le système de ces couples est fixé, à sa partie supérieure, à une traverse de bois soutenue par deux montants verticaux, entre lesquels elle peut monter ou descendre. Quand on veut arrêter l'action de cet appareil et préserver, pendant cette interruptipn, les métaux de l'action corrosive des acides, on n'a qu'à relever la traverse et sortir ainsi les couples de leurs bocaux.

La figure suivante représente un couple ou un élément de la pile de Wollaston.

C est la lame de cuivre pliée de manière à pouvoir envelopper, sans la toucher, la lame de zinc ; elle porte, à sa partie supérieure, une tige de cuivre *k* destinée à établir la communication avec le couple suivant. Z est la lame de zinc ; elle est surmontée d'une petite colonne de cuivre *k'*, et munie d'un manche isolant qui passe par l'ouverture *o*.

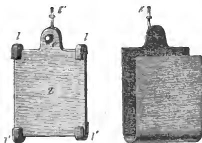


Fig. 21.

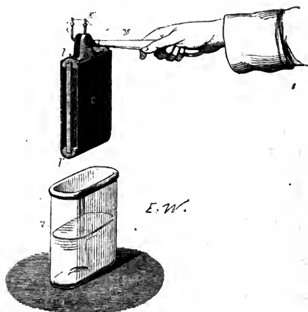


Fig. 22.

Pour former, avec ces deux lames de cuivre et de zinc

ainsi préparées, un couple de la pile de Wollaston, on introduit la plaque de zinc entre les deux feuilles de la plaque de cuivre ; ces deux lames métalliques sont assujetties l'une à l'autre, et en même temps séparées entre elles au moyen de petits arcs de bois *l*, *l'*, qui s'opposent à leur contact direct. Au moyen du manche isolant M, on saisit le système de ces deux plaques, et on le plonge dans le vase de verre V, remplit d'eau acidulée par l'acide sulfurique. Le couple est alors complet. Le pôle positif est représenté par la colonne K soudée à la lame de cuivre, le pôle négatif par la colonne K' fixée sur la lame de zinc.

La réunion d'un certain nombre de ces couples constitue la pile de Wollaston que l'on voit représentée dans la figure suivante :

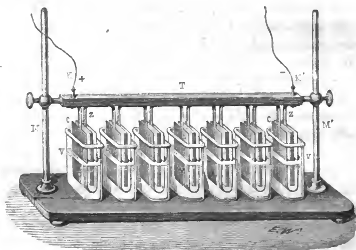


Fig. 23.

La traverse de bois T, soutenue par deux montants M, M', supporte un certain nombre de ces couples. A l'aide de la vis fixée à la traverse T, on peut élever ou abaisser à volonté les couples de manière à les faire descendre dans l'in-

térieur des bocaux, ou à les en retirer. Les lames métalliques sont disposées de telle façon que chaque couple intermédiaire communique, par son élément cuivre, avec le zinc du couple précédent, et par son élément zinc, avec le cuivre du couple suivant. Au-dessous de chaque groupe de lames métalliques, est placé un vase de verre rempli d'acide sulfurique étendu d'eau. Le dernier cuivre communique avec un petit godet métallique K, plein de mercure, pour mieux assurer la conductibilité et la continuité métallique. Ce godet représente le pôle positif. Le dernier zinc communique avec un godet pareil K′, qui représente le pôle *négatif*. Deux fils métalliques partant de ces godets servent à établir le circuit voltaïque. Lorsque, par le jeu de la traverse de bois T, on fait descendre les couples métalliques dans l'intérieur des vases de verre à demi pleins d'acide sulfurique, la pile entre aussitôt en activité ; on suspend son action en relevant les couples hors des vases de verre.

M. Munck, de Strasbourg, a donné à la pile de Wollaston une disposition plus commode, en supprimant les bocaux de verre, et les remplaçant par une cuve commune, c'est-à-dire par une auge de bois mastiquée à l'intérieur, et dans laquelle tous les couples métalliques viennent plonger à la fois.

Pile en hélice. — Comme nous l'avons déjà fait remarquer, la pile en hélice, qui a été construite pour la première fois par M. Hare, aux États-Unis, est une disposition particulière du couple de Wollaston, qui permet de donner aux deux lames métalliques formant le couple une surface extrêmement étendue. Chaque couple de la pile en hélice se construit de la manière suivante :

On prend un cylindre vertical de bois, B, autour duquel on enroule une large lame de zinc Z, et une large lame de cuivre C. Ces lames sont garnies de lisières de drap *l*,*l*,*l*,*l*′,*l*′,*l*′, réunies les unes aux autres par des ficelles, et

destinées à s'opposer à tout contact direct de ces deux éléments métalliques. Dans chaque couple, le pôle positif est représenté par l'extrémité de la lame de cuivre, et le pôle négatif par la lame de zinc. L'acide sulfurique étendu d'eau, qui doit agir sur l'assemblage de ces deux métaux, est contenu dans un seau de bois V, enduit à l'intérieur d'un mastic isolant, comme le représente la figure 25. Pour faire plonger un de ces couples dans l'acide que renferme le seau de bois, il suffit de le détacher du montant à charnière qui lui sert de support.

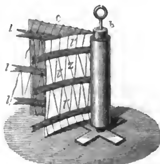


Fig. 24.

La *pile en hélice* se compose d'une série de couples semblables au précédent; on réunit ces couples en établissant une communication métallique entre les deux métaux hétérogènes. Cet appareil est remarquable par la puissance extraordinaire de ses effets. Si, par accident, une personne venait à établir la communication entre ses deux pôles, en touchant à la fois ses deux extrémités elle serait infailliblement tuée comme par un coup de foudre. Des tiges de platine, longues de plus d'un mètre, et de 5 ou 6 millimètres

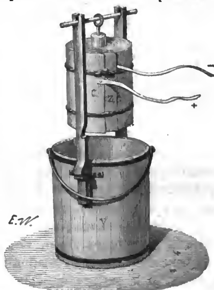


Fig. 25.

de section, employées pour réunir les deux pôles de cette redoutable batterie, sont rougies et presque fondues; les autres métaux subissent une fusion et une combustion plus ou moins rapide, selon leur fusibilité ou leur oxydabilité et leur pouvoir conducteur. Aucun composé chimique, conducteur de l'électricité, ne résiste à l'action décomposante de cette batterie.

Piles a deux liquides. — *Pile de Daniell.* — Les trois dispositions générales des appareils électromoteurs que nous venons de décrire, c'est-à-dire la pile à colonne, la pile à auges et celle de Wollaston avec ses diverses modifications, sont les seules que l'on ait employées depuis Volta jusqu'à l'année 1836, tant pour les recherches des physiciens et des chimistes, que pour produire des effets physiques d'une grande puissance. Mais ces diverses piles, composées d'un seul liquide acide agissant sur deux métaux réunis, ont le grave inconvénient de ne donner qu'un courant électrique dont l'intensité décroît avec rapidité. Cet affaiblissement du courant tient à plusieurs causes. En premier lieu, les acides, à mesure qu'ils se combinent avec l'oxyde de zinc formé pendant la réaction, s'affaiblissent nécessairement par suite de leur neutralisation, ce qui amène une diminution graduelle dans l'intensité des effets électriques. Comme le sulfate de zinc est un corps qui conduit fort mal l'électricité comparativement à l'acide sulfurique, la diminution de conductibilité du liquide est une autre cause d'affaiblissement de l'intensité de l'appareil. En second lieu, il s'établit, dans les piles à un seul liquide, des *tensions électriques secondaires*, c'est-à-dire en sens contraire de celles qui engendrent le courant principal. Ces tensions secondaires proviennent surtout de la formation d'une couche d'hydrogène naissant à la surface du cuivre ou de l'élément négatif. Cette dernière circonstance est la cause principale du rapide affaiblissement qui se remarque dans les piles à un seul

liquide. Pour rendre constante l'intensité du courant de la pile, il fallait donc empêcher qu'aucun dépôt de matière hétérogène ne vînt se former à la surface du métal négatif. C'est là le résultat important qui a été atteint par la découverte des *piles à deux liquides*. Il est important de faire connaître comment on est arrivé à la découverte de ce nouveau genre d'appareils électromoteurs, et quels sont les physiciens à qui la science doit cette importante acquisition.

En 1829, M. Becquerel avait construit des appareils électromoteurs d'une faible intensité, mais d'une action constante, en employant deux systèmes différents de *pile à deux liquides*, composés chacun de deux lames métalliques, plongeant dans une dissolution saline, séparées par un corps poreux (1). Mais la très-faible intensité du courant ainsi obtenu, et les dispositions incommodes des appareils employés par M. Becquerel, les avaient empêchés de se répandre. C'est le chimiste anglais Daniell qui, en 1836, par une heureuse application des principes de l'électro-chimie, parvint à doter la science de la première *pile à courant constant*, appareil qui avait l'avantage de réunir à cette continuité d'effets une puissance supérieure à celle des couples électromoteurs employés jusque-là (2). La pile de Grove, venue plus tard, a fourni des effets plus intenses, mais moins constants, que ceux de la pile de Daniell.

M. Daniell fut amené à créer la pile qui porte son nom, en cherchant à empêcher la précipitation du zinc révivifié sur l'élément négatif des piles voltaïques, ou du moins à remplacer cette précipitation nuisible par une précipitation utile, c'est-à-dire par la précipitation sur le cuivre d'un métal autre que le zinc, c'est-à-dire électro-positif. Après de nombreux essais, M. Daniell trouva que la dissolution de sulfate de cuivre pouvait réaliser l'effet voulu, mais que

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 2e série, 1829, tome XLI, p. 5.
(2) *Bibliothèque universelle de Genève*, 1835, tome II, page 167.

pour cela il fallait que cette dissolution fût séparée de l'eau acidulée dans laquelle plongeait le zinc. Il divisa donc la cuve dans laquelle le couple voltaïque était immergé, en deux compartiments, au moyen d'une cloison poreuse : il plaça dans l'un de ces compartiments le métal électro-négatif et son liquide acidulé, et dans l'autre le métal électro-positif et la dissolution de sulfate de cuivre.

Voici comment s'expliquent les effets de la pile de Daniell, et, d'une manière générale, comment, au moyen de deux liquides susceptibles de réagir chimiquement l'un sur l'autre, on fait disparaître les inconvénients de la pile à un seul liquide.

Les deux liquides, susceptibles de réagir l'un sur l'autre en se décomposant mutuellement, sont séparés entre eux au moyen d'un diaphragme poreux, ou d'une cloison, qui laisse passer facilement le courant électrique à travers sa substance et empêche néanmoins les deux liquides de se mélanger, du moins avant un certain intervalle de temps. L'un des éléments du couple voltaïque plonge dans l'un de ces liquides ; le second élément plonge dans l'autre liquide. Les deux conditions auxquelles doit satisfaire la construction d'une pile de ce genre sont : 1° Que l'un des éléments étant seul actif, c'est-à-dire attaquable par le liquide, l'autre élément n'éprouve aucune action chimique de la part du liquide dans lequel il est immergé, et joue simplement le rôle de conducteur (le platine et le charbon, longtemps calcinés, plongés dans les acides, le cuivre métallique placé dans une dissolution de sulfate de cuivre, peuvent remplir ce dernier rôle de simples conducteurs inattaquables par le liquide de la pile); 2° que les deux liquides soient choisis de manière que le courant qui résulte de leur action mutuelle à travers le diaphragme soit de même sens que celui auquel donne naissance l'action de l'acide sur le métal attaqué.

Ces conditions générales sont remplies, comme on va le

voir, dans le couple de Daniell, dont nous allons donner la description.

Un cylindre D, formé d'une terre poreuse et perméable au gaz, parce qu'elle n'a été cuite qu'en partie, est placé dans un vase de verre V ; ce cylindre est fermé à sa partie inférieure de manière à pouvoir contenir un liquide. L'assemblage de ces deux vases D et V est partagé de cette manière en deux capacités qui ne peuvent communiquer entre elles qu'à travers les parois poreuses et perméables du cylindre D. Dans ce vase intérieur D, on place *une dissolution saturée de sulfate de cuivre*, et l'on y introduit une lame de cuivre C, enroulée cylindriquement. Dans le vase extérieur V, on verse de l'acide sulfurique étendu d'eau, et l'on plonge dans ce liquide un cylindre creux de zinc Z, préalablement amalgamé (1).

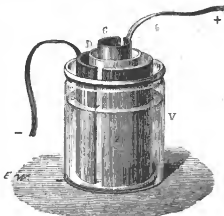


Fig. 26.

(1) L'emploi dans les piles à deux liquides du *zinc amalgamé*, c'est-à-dire frotté avec du mercure, qui forme à sa surface extérieure une légère couche d'amalgame, permet de laisser séjourner le zinc dans l'acide sulfurique étendu sans qu'une action chimique, et par conséquent le courant électrique, commence à s'établir : le courant ne se forme et la pile ne se met en activité que quand on fait communiquer les deux conducteurs. Cette propriété du zinc amalgamé a été découverte par M. Kemp, physicien anglais, aujourd'hui peu connu (*a*). L'amalgamation du zinc offre ce grand avantage pratique que, tant que le circuit voltaïque n'est pas établi, c'est-à-dire tant que les deux pôles opposés ne sont pas mis en communication, le zinc n'est pas attaqué ; il ne l'est

(*a*) *Jameson's Edinburgh Journal*, october 1828.

Dans la pile ainsi disposée, aucun dégagement d'électricité ne se manifeste, en raison de l'amalgamation du zinc; mais dès que la communication est établie entre les deux conducteurs, l'action chimique commence; l'eau est décomposée, son oxygène se porte sur le zinc, et son hydrogène, réagissant sur la dissolution du sulfate de cuivre, se combine avec l'oxygène du cuivre pour former de l'eau, tandis que le cuivre réduit vient former sur les parois du cylindre de cuivre C un dépôt métallique pulvérulent et sans adhérence. Le cylindre de zinc Z est le pôle négatif, et le cylindre de cuivre C le pôle positif.

Pour que le courant électrique de la pile de Daniell demeure constant, il faut que les éléments qui réagissent chimiquement les uns sur les autres restent au même état de saturation. C'est ce qui n'arriverait pas avec l'appareil disposé comme nous venons de l'indiquer, si l'on n'avait recours à certaines précautions. En effet, la dissolution de sulfate de cuivre placée dans l'intérieur du vase D s'appauvrit graduellement par la réduction d'une partie de l'oxyde du sulfate de cuivre qu'il renferme à l'état de dissolution aqueuse.

que dès le moment où l'on complète le circuit. On peut dire que c'est là l'une des acquisitions les plus importantes dont la pile voltaïque se soit enrichie depuis sa création. On a observé, d'ailleurs, qu'avec le zinc amalgamé le courant est plus régulier et en même temps plus intense pour une même quantité de métal dissous.

Un fait du même genre a été signalé en 1830 par M. de La Rive. Ce physicien a découvert que le zinc pur est à peine attaqué par l'acide sulfurique, mais qu'il est attaqué immédiatement avec une grande énergie si l'on vient à le toucher avec une lame de platine, de cuivre, de plomb, d'étain, de fer, ou même avec une substance non métallique, mais conductrice de l'électricité, comme le charbon calciné. C'est là, on le voit, un phénomène tout semblable à celui qui s'observe dans les piles voltaïques où l'on fait usage de zinc amalgamé. Le zinc amalgamé a la propriété du zinc pur, c'est-à-dire n'est pas attaquable par l'acide sulfurique; mais il est immédiatement attaqué dès qu'il se trouve en contact avec un fil de cuivre ou de platine plongeant aussi dans la dissolution, c'est-à-dire dès qu'il fait partie d'un couple en activité.

D'autre part, l'acide sulfurique étendu, contenu dans l'intérieur du vase V, perd progressivement de son acidité, par suite de la formation du sulfate de zinc aux dépens de la lame de zinc immergée dans cet acide. Lorsque le couple de Daniell doit rester longtemps en action, il faut donc s'arranger pour conserver aux liquides leur composition normale. Pour cela, on place des cristaux de sulfate de cuivre contenus dans un petit sac perméable, à la partie supérieure du vase D, en le faisant plonger dans la dissolution de sulfate de cuivre qui le remplit; la dissolution de sulfate de cuivre demeure ainsi au même état de saturation, c'est-à-dire saturée à froid pendant toute la durée de l'opération. Pour se débarrasser du sulfate de zinc contenu dans le vase extérieur V, voici le moyen que l'on peut employer. Comme la dissolution de sulfate de zinc, en raison de son poids spécifique, se précipite au fond du vase à mesure qu'elle se forme, on introduit dans ce vase un siphon, dont la plus courte branche est placée à une petite distance du fond de ce vase, de manière à faire écouler au dehors la dissolution de sulfate de zinc qui vient s'accumuler en cet endroit. On remplace le liquide soutiré de cette manière par de l'eau acidulée, que l'on fait tomber goutte à goutte dans ce vase, au moyen d'un flacon muni d'un tube effilé disposé par-dessous. Par l'effet de ces dispositions, les liquides réagissants sont maintenus au même degré de concentration ou d'activité chimique, et le courant peut demeurer constant pendant plusieurs jours.

La réunion d'un certain nombre de couples semblables à celui qui vient d'être décrit, compose la *pile de Daniell.*

Les deux couples communiquent entre eux par leurs métaux hétérogènes. Une lame de cuivre C, qui termine l'appareil d'un côté, constitue le pôle positif; la lame de zinc qui le termine à l'autre extrémité est le pôle négatif.

Pile de Grove. — La pile de Grove est celle où l'on fait

usage de deux liquides acides; la dissolution de sulfate de cuivre que renferme la cellule intérieure, dans la pile de Daniell, est remplacée ici par de l'acide azotique. C'est cet



Fig. 27.

appareil qui, avec une modification sans importance, est aujourd'hui universellement employé dans les laboratoires et dans l'industrie sous le nom de *pile de Bunsen.* Voici comment l'inventeur a été amené à construire ce puissant et commode appareil électromoteur.

En 1839, M. Grove, chimiste anglais alors à ses débuts dans la science, cherchait à perfectionner la pile de Wollaston, en utilisant, au profit du dégagement électrique, toute la puissance d'oxydation dont le zinc était susceptible, tout en empêchant la précipitation du cuivre sur l'élément positif, c'est-à-dire sur le zinc, ce qui détermine, comme nous l'avons dit plus haut, ce *courant secondaire,* cause principale de l'affaiblissement rapide des piles à un seul liquide. Une expérience des plus curieuses, et que nous allons rapporter, mit bientôt M. Grove à même de réaliser ses espérances.

Au moyen d'un peu de cire à cacheter, M. Grove mastiqua, au fond d'un petit vase de verre, la tête d'une pipe à fumer. Il versa dans l'intérieur de cette tête de pipe un peu d'acide azotique, et il introduisit de l'acide chlorhydrique

dans le vase de verre extérieur. Deux feuilles d'or furent alors plongées dans l'acide chlorhydrique : elles y demeurèrent sans la moindre altération, et conservaient, au bout d'une heure, tout leur brillant métallique. Alors un fil d'or fut placé de manière qu'il touchât en même temps l'acide azotique et l'extrémité d'une des feuilles d'or. La feuille touchée fut immédiatement dissoute, tandis que l'autre ne fut pas attaquée, et le fil lui-même, qui était plongé dans l'acide azotique, n'avait subi aucune altération ; enfin, un galvanomètre, interposé entre deux lames plongeant dans les deux acides, dénota immédiatement la présence d'un courant excessivement énergique, dans lequel la lame dissoute représentait l'élément négatif, et la lame inattaquée l'élément positif.

Les conclusions que M. Grove déduisit de cette expérience furent :

1° Que de la réaction des deux acides l'un sur l'autre naissait un courant électrique qui, étant convenablement établi, pouvait opérer la décomposition chimique de cet acide ;

2° Que de cette décomposition résultait une combinaison d'hydrogène et d'oxygène, ayant pour résultat de désoxyder l'acide nitrique, et de laisser libre le chlore de l'acide chlorhydrique, lequel chlore, en se portant sur la lame négative, en opérait la dissolution;

3° Que l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique, pouvant abandonner son hydrogène aussi facilement que l'acide chlorhydrique, pouvait être substituée à ce dernier acide dans l'expérience précédente, à la condition que la lame d'or négative fût remplacée par un métal facilement oxydable ;

4° Que le zinc étant le métal le plus électro-négatif qu'il y eût, son emploi comme élément négatif avec l'eau acidulée devait provoquer une réaction électrique beaucoup plus énergique ;

5° Que la lame d'or, plongée dans l'acide azotique, ne devant pas être attaquée et prenant la polarité de cet acide, pouvait être remplacée avec avantage par un corps conducteur inattaquable aux acides, tel que le platine et le charbon.

Ces conclusions furent le point de départ de la pile à deux acides, que M. Grove ne tarda pas à perfectionner, en y introduisant les vases poreux de terre demi-cuite, qu'il substitua, avec infiniment d'avantages, aux diaphragmes d'argile ou aux membranes de baudruche que l'on avait employés jusqu'à cette époque dans les piles à deux liquides.

M. Grove chercha ensuite à combiner de diverses manières les éléments de sa pile. Il avait, dans l'origine, placé les zincs dans le vase poreux, et le platine roulé en cylindre dans le vase extérieur, où se trouvait l'acide nitrique; mais il ne tarda pas à se convaincre que l'oxydation serait plus grande, et par conséquent, la quantité d'électricité dégagée plus considérable, en renversant cette disposition, et il plaça, depuis lors, les zincs en dehors des vases poreux et les lames de platine en dedans, en changeant, bien entendu, de place les acides.

Voici maintenant la description de la pile de Grove. Ses dispositions, comme on va le voir, sont à peu près les mêmes que celles de la pile de Daniell.

Un couple de Grove se compose d'un vase extérieur V de verre ou de faïence, rempli aux trois quarts d'eau acidulée par de l'acide sulfurique, dans lequel plonge un cylindre de zinc Z, ouvert à ses deux bouts et fendu dans toute sa longueur, et d'un vase poreux D de terre perméable, qui contient de l'acide azotique ordinaire et dans lequel plonge une lame de platine P. Une tige métallique, fixée sur la lame de platine, porte un fil de cuivre qui représente le conducteur ou le pôle positif; un autre fil métallique, fixé au zinc, représente le pôle négatif. Dans le couple de Grove,

l'électricité marche du zinc au platine à travers les liquides et la cloison poreuse.

Voici les réactions chimiques qui sont la cause productrice de l'électricité. Dès que les fils conducteurs représentant les pôles d'un couple de ce genre sont mis en communication, l'eau se décompose dans le vase extérieur V; l'oxygène provenant de cette décomposition attaque le zinc et forme, grâce à l'acide sulfurique qui remplit ce vase, du sulfate de zinc. L'hydrogène, traversant la cloison poreuse D, vient réagir sur l'acide azotique dans ce vase D, et formant de l'eau avec une partie de l'oxygène de cet acide, il le ramène à l'état d'acide hypo-azotique ou de bi-oxyde d'azote. Les deux courants électriques qui proviennent de cette double action chimique, et qui résultent, l'un de la décomposition de l'eau, l'autre de la décomposition de l'acide azotique, marchent dans le même sens, et par conséquent, loin de s'annuler réciproquement, ajoutent à leurs effets. Considérés dans le fil conducteur qui sert à réunir les deux pôles, ces deux courants marchent du charbon au zinc, c'est-à-dire que le pôle positif correspond au charbon et le pôle négatif au zinc. Comme dans ces diverses réactions, il ne se forme aucun dépôt capable d'altérer les surfaces métalliques ou de produire un courant secondaire, opposé, le courant électrique conserve une intensité constante.

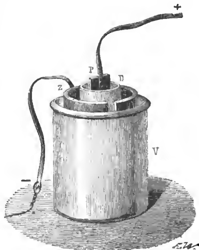


Fig. 28.

Le prix élevé du platine employé pour former le conducteur

positif est la seule cause qui ait empêché la pile de Grove de devenir d'un emploi très-général. Mais dès le jour où l'on a eu l'idée de remplacer ce conducteur de platine par un petit bloc, convenablement taillé, de charbon de gaz, qui constitue un conducteur excellent et très-économique, cet appareil est devenu d'un usage universel. Il a reçu dès lors le nom de *pile de Bunsen*, d'après l'opinion fort erronée, comme on va le voir, qui en a fait attribuer la découverte à M. de Bunsen.

Pile de Bunsen. — Selon M. Du Moncel, qui s'est occupé d'éclaircir ce point intéressant et jusqu'ici fort obscur, de l'histoire des piles à deux acides, M. Grove avait songé, pendant les nombreux essais qu'il fit pour la construction de sa pile, à employer, au lieu du platine, le charbon de bois calciné et même le charbon de cornue de gaz, comme conducteur négatif de sa pile.

« Mais, dit M. Du Moncel, M. Grove, pensant que dans le monde scientifique on n'apprécierait, comme étant véritablement en harmonie avec la science, que les électrodes de platine, ne parla jamais dans ses mémoires des électrodes de charbon. Quoi qu'il en soit, six mois après la découverte de M. Grove, c'est-à-dire vers la fin de 1839, on vendait, chez un opticien de Charing Cross, à Londres, des piles à acides avec du charbon de cornue en guise d'électrode de platine, et ces piles n'étaient en aucun point différentes de ce qu'elles sont aujourd'hui. M. Cooper, en Angleterre, publia même en ce temps-là un long mémoire (qui est inscrit dans les *Transactions philosophiques* de la Société royale de Londres) pour démontrer l'importance des *piles à charbon*.

« Ce n'est qu'en 1843 que M. de Bunsen, chimiste à Heidelberg, ignorant sans doute les travaux de MM. Grove et Cooper, proposa, comme *amélioration économique* des piles à acides, le charbon en guise d'électrode positif ; et comme il en était resté à la première disposition des piles de M. Grove, il s'efforça de composer un charbon susceptible d'être moulé en cylindre. C'est ainsi qu'ont été construites jusqu'en 1849 toutes les piles à acides employées en France et en Allemagne. A cette époque,

M. Archereau, habile expérimentateur, en changea la disposition, et sans s'en douter, mit en vogue les piles de Grove, telles qu'elles avaient été combinées dix ans auparavant à Londres (1). »

Ce point historique étant vidé, donnons la description du couple de Bunsen.

Le *couple de Bunsen*, ou *couple à charbon*, n'est autre chose que celui de Grove, dans lequel on a remplacé le conducteur de platine par un cylindre plein, taillé dans une masse de charbon de cornue de gaz, ou préparé directement en soumettant à la calcination, dans un moule de tôle, un mélange intime de coke et de houille grasse, bien pulvérisé et fortement tassé.

Chaque couple de la pile de Bunsen se compose de quatre pièces rentrant les unes dans les autres. Ces pièces, représentées dans la figure suivante, sont : 1° un vase de faïence V contenant de l'eau étendue de dix fois son poids d'acide sulfurique du commerce; 2° une lame de zinc Z, enroulée cylindriquement et terminée par une tige de cuivre aplati, destinée à servir de conducteur négatif; 3° un vase D de terre dégourdie, perméable aux gaz, et contenant de l'acide azotique ordinaire du commerce; 4° un cylindre C formé de charbon calciné.

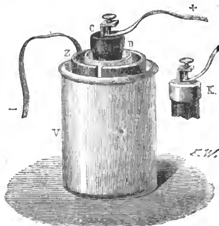


Fig. 29 et 30.

(1) Du Moncel, *Exposé des applications de l'électricité*, 2e édition, t. Ier, p. 57.

Ce cylindre de charbon est enveloppé, à sa partie supérieure, d'un anneau de cuivre sur lequel est soudée une tige aplatie, du même métal, destinée à servir de conducteur positif, ainsi que le montre la figure 30.

Tous les agents chimiques employés dans la pile de Bunsen n'étant autre chose que ceux qui servent dans la pile de Grove, l'explication chimique de ses effets est nécessairement la même.

Le couple est inactif quand la communication n'est pas établie entre les deux conducteurs ; mais, dès que le zinc et le charbon communiquent par un conducteur interpolaire, l'action chimique s'établit. L'eau, dans laquelle la lame de zinc est immergée, est décomposée par ce métal ; il y a formation de sulfate de zinc et dégagement d'hydrogène. Ce gaz, traversant le vase poreux, vient réagir sur l'acide azotique contenu dans ce vase, et le décompose en produisant de l'acide hypo-azotique ou du bi-oxyde d'azote, lequel se transforme au contact de l'air en acide hypo-azotique. Les deux courants électriques provenant de ces deux réactions vont dans le même sens, c'est-à-dire marchent du charbon au zinc à travers les liquides et la cloison poreuse. Le charbon C représente le pôle positif, et le zinc Z le pôle négatif de ce couple.

La *pile de Bunsen* se compose de la réunion d'un certain

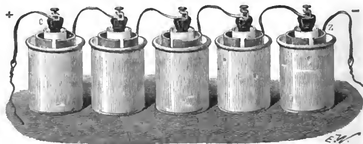


Fig. 31.

nombre de couples semblables au précédent. On établit la

communication entre deux couples contigus, en faisant communiquer, au moyen de la petite vis de pression que porte le charbon, la lame métallique fixée au cylindre de zinc avec celle du cylindre de charbon, comme le représente la figure 31.

Le pôle positif de cet appareil se trouve au dernier cylindre du charbon C, et le pôle négatif au dernier cylindre de zinc Z.

La pile de Bunsen donne un courant d'une grande intensité ; sa puissance est supérieure à celle de la pile de Daniell. C'est ce qui l'a fait employer de préférence quand on veut obtenir des effets électriques d'une grande énergie. Mais comme il est impossible de maintenir les liquides à une composition normale, surtout dans la cellule intérieure qui contient l'acide azotique, le courant ne présente pas une intensité constante. Quand la pile commence à être en activité, le courant prend une marche ascensionnelle ; ensuite, il s'affaiblit graduellement. Cette pile, comme celle de Grove, a en outre l'inconvénient de répandre dans l'air des vapeurs d'acide hypo-azotique, qui sont désagréables ou dangereuses pour l'opérateur, quand elle est composée d'un assez grand nombre de couples. La pile de Daniell doit donc être préférée à celle de Bunsen, pour les expériences de physique où l'on a besoin d'un courant électrique d'une intensité uniforme.

Nous dirons pourtant que la pile de Bunsen est aujourd'hui employée presque exclusivement dans les ateliers industriels pour la dorure, l'argenture ou le cuivrage des métaux, parce que l'on tient plus, dans ces opérations manufacturières, à l'énergie du courant voltaïque qu'à sa parfaite régularité.

CHAPITRE VIII

Théorie de la pile. — Théorie de Volta sur le développement de l'électricité par le contact et la force électromotrice. — Objections à cette théorie. — Réflexions critiques de Gautherot. — Wollaston, Ritter, etc. — Théorie chimique de la pile, posée et développée par Parrot. — Défenseurs de la théorie du contact : Pfaff, Marianini, Ohm, Fechner, etc. — Expériences de M. de La Rive en faveur de la théorie électro-chimique. — Travaux de Faraday et constitution définitive de la théorie chimique de la pile.

Quand on considère le nombre et l'immense variété de faits qui sont aujourd'hui acquis à la physique, touchant la pile de Volta, on s'étonne de l'impuissance dans laquelle on est si longtemps resté pour expliquer les effets de cet appareil. La pile voltaïque est connue et maniée depuis plus de soixante ans, et c'est depuis vingt ans à peine que l'on a pu en donner une théorie rigoureuse. Encore faut-il se hâter de dire que l'explication aujourd'hui généralement adoptée donne prise à plusieurs objections de détails, néglige certains faits, de telle sorte qu'il est peu probable qu'elle se maintienne intégralement dans l'avenir telle qu'on la formule aujourd'hui. C'est le tableau des opinions diverses qui ont été successivement émises, depuis Volta jusqu'à nos jours, pour expliquer théoriquement les effets de l'appareil électromoteur, qu'il nous reste à tracer pour terminer cette Notice.

Nous commencerons par exposer la théorie de Volta, telle qu'elle a été conçue par son auteur, et surtout par les divers physiciens qui l'ont adoptée et défendue après lui.

Le développement d'électricité qui s'observe dans un assemblage de corps conducteurs métalliques mis en présence

d'un conducteur liquide, a pour cause unique, selon Volta, le *contact des substances hétérogènes*. Toutes les fois que deux substances de nature différente sont mises en contact, il se développe une force particulière à laquelle le créateur de la pile donna le nom de *force électromotrice*. Sous l'influence de cette force, l'un de ces corps se charge d'électricité positive, l'autre d'électricité négative.

La force électromotrice qui a provoqué la formation des deux électricités sur le couple métallique a encore la propriété d'empêcher les deux électricités rendues libres de se recombiner à la surface des métaux en contact, pour constituer le fluide naturel.

L'action de cette force s'exerce d'une manière instantanée, mais son intensité et le sens dans lequel elle agit dépendent de la nature des corps mis en présence. La quantité d'électricité produite par la force électromotrice sur un métal donné peut donc varier selon la nature du métal qu'on lui associe.

Selon Volta, les métaux ne sont pas les seuls corps qui puissent devenir le siége d'une force électromotrice. Tous les corps conducteurs de l'électricité sont dans le même cas, il suffit de mettre en contact deux substances de nature hétérogène pour que la force électromotrice se développe à leur surface de séparation, et qu'elles se chargent chacune d'une électricité opposée (1).

(1) Volta avait divisé en deux grandes classes tous les corps conducteurs, sous le rapport de l'intensité des effets que peut y développer la force électromotrice. La première classe, *corps conducteurs parfaits électromoteurs*, comprenait tous les métaux et le charbon calciné. La deuxième classe, *corps conducteurs imparfaits électromoteurs*, comprenait les liquides tels que l'eau pure, les dissolutions acides, alcalines, salines, etc. D'après Volta, la force *électromotrice* développée à la surface de contact de deux corps de la seconde classe, ou d'un corps de la seconde classe et d'un métal, est extrêmement faible. Cette force est négligeable par rapport à celle qui prend naissance au contact de deux corps appartenant à la première classe.

D'après cela, si l'on prend une lame métallique formée d'un morceau de zinc et d'un morceau de cuivre soudés, qu'on la courbe sous forme d'arc, et que l'on plonge ses deux extrémités dans de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique, voici ce qui doit se passer selon les principes de Volta.

L'arc métallique plongé dans le liquide acide étant formé de deux métaux réunis, la force électromotrice prend naissance à leur surface de séparation. La lame de zinc reçoit l'électricité positive, la lame de cuivre l'électricité négative. Mais les extrémités de la lame métallique hétérogène plongent dans un liquide *conducteur et imparfait électromoteur*. En raison de sa conductibilité, ce liquide établit une communication entre les deux extrémités de l'arc métallique; par conséquent, l'électricité positive du zinc et l'électricité négative du cuivre se recombinent à travers le liquide et forment du fluide naturel. A mesure que les deux électricités opposées se recombinent au sein du liquide, la force électromotrice, continuant de s'exercer au contact des métaux, en reproduit sans cesse de nouvelles quantités, de telle sorte qu'il existe dans ce couple métallique un courant continuel d'électricité, dirigé du cuivre au zinc dans la lame métallique, et du zinc au cuivre à travers le liquide.

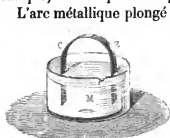


Fig. 32.

Ainsi, dans la théorie de Volta, le couple électrique se réduisait à l'assemblage de deux métaux mis en contact. Le liquide dans lequel l'arc métallique était plongé ne remplissait d'autre office que celui de conducteur; c'était seulement un moyen d'établir la communication entre les deux éléments du couple métallique, et de permettre la circulation, sous forme de courant, de l'électricité engendrée par la force électromotrice.

Mais le courant d'électricité émané d'un couple métallique avait nécessairement peu d'intensité. En réunissant une série de couples semblables séparés par un conducteur humide, c'est-à-dire en composant l'assemblage de couples métalliques et de corps conducteurs qui composent la pile à colonne, Volta augmentait l'intensité électrique proportionnellement au nombre des couples employés.

Pour démontrer le fait du développement de l'électricité par le simple contact de deux corps, Volta faisait cette expérience fondamentale, dont nous avons déjà parlé bien des fois et qu'il importe de décrire ici avec plus de détail.

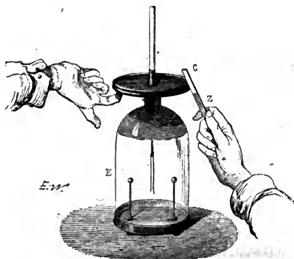


Fig. 33.

Il prenait une tige métallique CZ, composée de deux morceaux de cuivre et de zinc, soudés, et la tenant entre les doigts par l'extrémité zinc, il appliquait l'extrémité cuivre sur le plateau supérieur d'un électroscope condensateur à feuilles d'or, dont les deux plateaux étaient de cuivre. En même temps, comme on le fait quand on veut, à l'aide de

cet instrument, constater la présence de l'électricité dans un corps isolé, il faisait communiquer le plateau inférieur avec le sol, en le touchant avec le doigt de l'autre main. Après ce très-court contact, il soulevait le plateau supérieur par son manche isolant, et l'on voyait aussitôt les feuilles d'or de l'électroscope diverger par suite de la présence de l'électricité qui leur était communiquée par le plateau inférieur.

Telle est l'expérience capitale, et si souvent reproduite dans les cours de physique, qui sert à démontrer le fait de la présence et du développement de l'électricité dans toute lame formée de deux métaux hétérogènes.

La théorie du contact, que nous venons de formuler, soulève des objections telles qu'il est impossible de l'admettre.

Établir l'existence d'une force qui prend naissance par le simple contact de deux corps, et qui se renouvelle sans cesse, revient à admettre le mouvement perpétuel. En effet, d'après le principe de Volta, un même couple métallique et un même liquide conducteur donnent incessamment naissance à un courant électrique invariable et continu. Une fois établi, ce phénomène doit persister sans aucune interruption, puisque tout demeure constant dans ses conditions productrices, savoir, la force électromotrice, qui est constante et immuable, et la conductibilité du liquide, qui est toujours la même. Un couple voltaïque nous montrerait donc en action le mouvement perpétuel.

La théorie du contact ne tient aucun compte des phénomènes chimiques qui se passent pendant la marche de la pile : la dissolution du zinc dans l'acide employé, la formation du sulfate de zinc, quand on fait usage d'acide sulfurique ; et le dégagement d'hydrogène par suite de la décomposition de l'eau, etc.

Elle ne tient nul compte de la proportionnalité, facile à

constater par l'expérience, qui existe entre l'intensité des effets électriques de la pile et le degré d'énergie chimique ou de concentration de l'acide employé à mettre cet instrument en action.

Quant à l'expérience fondamentale de Volta, que nous avons rapportée, il suffit, pour en détruire toute la valeur, de montrer que le dégagement d'électricité que l'électroscope accuse, dans cette circonstance, provient uniquement de l'action chimique qui s'exerce entre le doigt de l'observateur, toujours imprégné d'un liquide ou d'une sueur acide, et le zinc, métal si oxydable. En effet, le véritable moyen d'assurer le succès de cette expérience, c'est d'opérer avec le doigt préalablement mouillé. Si au lieu de tenir la tige métallique avec le doigt, on la tient à l'aide d'une pince de bois sec; si au lieu de saisir la lame hétérogène par l'extrémité zinc, on la tient par le côté cuivre, métal moins oxydable que le zinc; enfin, si au lieu d'opérer en présence de l'air, on fait cette expérience dans le vide, ou dans un gaz autre que l'oxygène, tel que l'acide carbonique ou l'azote, dans ces divers cas l'électroscope n'accuse plus la présence de l'électricité. Ainsi cette expérience de Volta n'était en réalité qu'un fait mal observé. Exécutée dans des conditions rigoureuses, elle prouve le fait contraire, c'est-à-dire l'absence de toute électricité dans une lame formée de deux métaux hétérogènes.

Ces objections contre la théorie du développement de l'électricité par le contact sont si justes, si naturelles, qu'elles furent formulées dès les premiers temps où Volta donna connaissance de son hypothèse. C'est le 16 brumaire an IX, que Volta lisait à l'Institut le mémoire consacré à l'exposé de sa théorie. Déjà le 12 du même mois, Gautherot, savant bien oublié aujourd'hui et dont la génération scientifique actuelle ignore jusqu'au nom, avait présenté à la *Société philotechni-*

que de Paris une réfutation de cette théorie, qui fut publiée dans un recueil scientifique de cette époque (1). Nous allons donner une idée des critiques que Gautherot opposa dès cette époque aux idées du physicien d'Italie.

Nous avons vu, en parlant des premiers travaux relatifs au galvanisme, que dès l'apparition des expériences de Galvani relatives à l'arc métallique excitateur, il s'était rencontré un observateur de génie, le Florentin Fabroni, qui, par une vue vraiment supérieure, avait rapporté à l'action chimique la cause de ces phénomènes. L'explication théorique des effets de la pile était à peine formulée par Volta, qu'un autre observateur, Gautherot, se présentait, en France, pour donner de ces nouveaux faits une interprétation semblable.

Gautherot, pour expliquer les phénomènes chimiques de la pile de Volta, partait des mêmes considérations qui avaient guidé Fabroni dans son explication chimique des effets provoqués par l'arc de Galvani, et il suivait le même ordre de succession dans la série de ses considérations théoriques. Il admettait, à l'instar de Fabroni, que deux métaux hétérogènes, étant mis en contact, avaient une tendance naturelle à se combiner, en raison de leur affinité réciproque ; — que cette tendance à une combinaison chimique avait pour résultat de diminuer la force de cohésion ; — que cet affaiblissement dans l'intensité de la cohésion permettait au métal le plus oxydable du couple de se combiner plus aisément avec l'oxygène de l'air ou de l'eau ; — que de là résultait l'oxydation du métal par l'oxygène atmosphérique, si l'on opérait dans l'air ; ou bien, comme c'était le cas le plus général, si l'on opérait dans de l'eau acidulée, il y avait décomposition de l'eau, dégagement de gaz hydrogène et oxydation du métal qui entrait en dissolution dans l'acide. Jusque-là, comme on le voit, il y avait identité entre la théorie de Fa-

(1) *Mémoires des sociétés savantes et littéraires de la république française*, t. I, pl. 471.

broni et celle de Gautherot; mais ce dernier la complétait victorieusement par l'addition d'un terme des plus importants que Fabroni avait négligé, ou pour parler plus exactement, qu'il avait nié d'une manière formelle, et qui avait frappé de stérilité sa belle conception. Gautherot admettait donc que, par suite des changements de forme physique survenus parmi les corps réagissants, il y avait production d'électricité; que le fluide électrique *prenait la forme d'un courant et devenait une force* (1).

Voici à peu près le résumé de son travail lu à la Société philotechnique :

« L'état actuel de nos connaissances, dans les phénomènes de la pile de Volta, ne nous permet pas encore, disait Gautherot, de distinguer le phénomène principal, qui explique et subordonne les autres, de ceux de l'électricité, qui ne paraissent ici que comme secondaires. *L'électricité y est excitée et mise en jeu; mais elle y est subordonnée.* L'oxydation des métaux se présente au contraire comme un phénomène de premier ordre. Leur attouchement semble augmenter leur affinité pour l'oxygène; et l'eau, dont la présence est indispensable dans ce cas pour rendre sensibles les phénomènes du galvanisme, semble prouver, par sa prompte décomposition, cette affinité plus grande de l'oxygène pour les substances métalliques que pour l'hydrogène. »

Tandis qu'en France la théorie du contact était de cette manière attaquée dans ses bases mêmes, elle était combattue en Angleterre par Wollaston. Dans un mémoire qui fut publié en 1801, mais qui ne fut connu sur le continent que quelques années après, ce grand physicien tentait de substituer la théorie chimique à celle du contact. Seulement, Wollaston allait trop loin en avançant qu'une manifestation quelconque d'électricité a toujours une origine chimique, et

(1) Gautherot, *Recherches sur les causes qui développent l'électricité dans les appareils galvaniques* (*Journal de physique*, t. LVI, p. 429).

que le développement de l'électricité par le frottement ne reconnaît point d'autre cause.

Wollaston fondait son opinion sur divers résultats d'expériences. Il avait répété l'expérience fondamentale de Volta, qui consiste à montrer le dégagement de l'électricité par le simple contact de deux métaux isolés au moyen du condensateur. Or, en opérant avec les doigts bien secs, et mieux, avec une tige conductrice de bois ou d'une autre matière, tenue dans la main et servant à toucher le plateau du condensateur, Wollaston avait constaté l'absence de tout dégagement d'électricité (1). Aussi déclarait-il que la théorie du contact était inadmissible à tous les égards.

Le physicien Haldanne partagea les opinions de Gautherot et de Wollaston.

Parmi les adversaires que la théorie chimique de la pile trouva en Angleterre, nous pouvons citer Priestley, dont l'opinion est assez curieuse à connaître. Priestley rapportait au phlogistique les effets de la pile. Selon lui, le zinc du couple voltaïque perdait son phlogistique, tandis que l'argent ou l'élément négatif le conservait. Cette explication n'était rien autre chose, comme on le voit, que la théorie de l'oxydation exposée dans les idées et avec le langage du temps. Le docteur Bostock, de Londres, présentait à peu près à la même époque des idées du même genre, dans une *Histoire du galvanisme*, qui ne se compose que de courtes citations d'ouvrages publiés sur ce sujet. Un autre physicien anglais, Wilkinson, défendit également la théorie chimique de la pile.

En Allemagne, Ritter fut le premier à embrasser la théorie de l'oxydation. Louis d'Arnim chercha à confirmer ces idées par l'expérience. Il voulait rattacher l'action de la pile à

(1) Hyde Wollaston, *Experiments on the chemical production and agency of Electricity* (*Nicholson's philosophical Journal*, vol. V, p. 333, 1801, december).

celle de la machine électrique, et, conformément aux idées de Wollaston, il essaya de prouver que, pendant le frottement du plateau de verre de la machine électrique contre les coussins revêtus d'un amalgame d'étain, il se produit un phénomène d'oxydation. Bucholz, savant pharmacien d'Erfurth, pour prouver que la production de l'électricité dans la pile provenait de l'oxydation de l'un des métaux du couple, chercha à comparer la somme d'électricité produite aux quantités d'oxygène qui entraient en combinaison avec l'un des métaux. L'appareil connu sous le nom de *chaîne de Bucholz*, et dans lequel la dissolution d'un sel métallique sert de conducteur à la pile, fut imaginé à propos de ces discussions. Ajoutons enfin, pour terminer la liste des physiciens allemands qui professaient alors les théories chimiques, que le docteur Heimand de Vienne chercha aussi à prouver, par l'expérience, que l'oxydation était la seule source d'électricité dans l'appareil électromoteur de Volta.

Mais de tous les savants de l'Europe celui qui développa la théorie chimique de la pile avec le plus de puissance et de talent, ce fut Parrot, physicien russe, professeur à Dorpat. Parrot exposa la théorie chimique de la pile avec une telle supériorité et une si grande force de raisonnement, qu'il mérite d'être considéré comme le fondateur de cette théorie. C'est en 1801 qu'il commença à faire connaître ses idées sur cette matière ; il les développa ensuite dans divers mémoires publiés en Allemagne, et plus tard dans son ouvrage : *Abrégé de physique théorique* (1). Parrot s'était pro-

(1) Le premier travail de Parrot sur la théorie de la pile est un mémoire de concours qui fut couronné en 1801 par la *Société batave des sciences de Haarlem*. Il les reproduisit à diverses reprises dans les mémoires suivants, insérés dans les *Annales de physique de Gilbert* (en allemand). Voyez :

Esquisse d'une nouvelle théorie de l'électricité galvanique, et sur la décomposition de l'eau opérée par l'électricité, t. XII, p. 49 (1802).

Sur les moyens de mesurer l'électricité, t. LXI, p. 253.

posé, suivant ses propres expressions, «d'instruire de toutes pièces le procès du physicien de Pavie;» et l'on va voir qu'il était difficile de composer un plus redoutable réquisitoire.

Parrot commence par s'attaquer à l'expérience fondamentale de Volta, qui consiste, comme nous l'avons dit plusieurs fois, à montrer que deux métaux isolés mis en contact, étant brusquement séparés, et l'un d'eux étant porté sur le plateau du condensateur, cet instrument accuse une manifestation d'électricité, appréciable par l'écartement des feuilles d'or. En rapprochant toutes les observations publiées à propos de ces expériences, et invoquant surtout celles de Wollaston, rapportées plus haut, Parrot fait voir que les résultats ont toujours été absolument nuls toutes les fois que l'on a su éviter les véritables causes électromotrices, c'est-à-dire l'action chimique que développe le doigt mouillé ou sec venant à toucher un métal aussi oxydable que le zinc, comme aussi la pression, la friction, l'élévation de température, que détermine dans cette circonstance le contact du doigt avec le plateau du condensateur.

Généralisant ensuite le fait, le physicien russe prouvait que le contact des métaux hétérogènes, loin d'être une cause de production d'électricité, retardait, au contraire, le mouvement du fluide électrique, de telle sorte que l'on pouvait *isoler* ou *immobiliser* de petites quantités de ce fluide, en lui faisant traverser un certain nombre de couples métalliques hétérogènes. Pour prouver que l'hétérogénéité était bien une cause de diminution du pouvoir conducteur, Parrot démontrait par l'expérience que la même quantité de fluide électrique, qui ne pouvait se transporter à travers un conduc-

Sur les déviations dans l'électromètre, t. LXI, p. 267.
Sur les effets du condensateur, t. LXI, p. 280.
Sur la théorie de Volta relative à l'électricité galvanique, t. LXI.
Enfin, il les a rappelées de nouveau dans une « *Lettre adressée à MM. les rédacteurs des Annal. de chim. et de phys., sur les phénomènes voltaïques.* » (*Annal. de chim. et de phys.*, t. XLII, p. 45.)

teur formé d'un certain nombre de métaux hétérogènes, se transmettait parfaitement à travers un conducteur formé du même nombre de fragments d'un même métal.

Après avoir détruit de cette manière les fondements de la théorie du contact, Parrot l'attaquait dans ses applications. Selon Volta, la surface des couples de la pile n'exerce aucune influence sur la quantité d'électricité produite, qui n'est proportionnelle qu'au nombre des couples de l'appareil. Parrot établissait, au contraire, ce fait bien vulgaire aujourd'hui, que l'intensité des effets de la pile augmente avec la surface, et non avec le nombre des couples.

Volta avait posé en principe que la puissance de son appareil électromoteur devait s'accroître indéfiniment selon le nombre des couples métalliques, parce que chaque couple ajouté fournissait une nouvelle quantité d'électricié, qui venait se joindre à la somme déjà produite. Parrot, au contraire, prouvait que l'interposition d'un couple produit une déperdition énorme de force électrique, et que la quantité de fluide qui prend naissance dans cet appareil est indépendante du nombre des couples employés. Enfin, Volta qui s'obstinait à ne voir, dans le liquide acide employé pour mettre son appareil en action, qu'un conducteur pur et simple, regardait comme une nécessité fâcheuse l'obligation de faire usage d'un liquide acide. Il avait toujours appelé de tous ses vœux la découverte d'un conducteur solide, qui ne fût pas électromoteur par lui-même, qui n'exerçât aucune influence chimique ni sur l'un ni sur l'autre des deux conducteurs parfaits, et qui pût servir dès lors comme un agent plus commode et plus efficace de transmission du fluide entre les couples de sa pile. Malgré tous ses efforts, Volta n'avait jamais pu combler ce *desideratum* de sa théorie. Les piles sèches qui furent construites, en 1803, par Hachette et Desormes, et en 1809 par Deluc, paraissaient pourtant satisfaire à ce besoin ou à cette confirmation de l'hypothèse

de Volta, puisqu'elles se composent uniquement d'un assemblage de corps solides. Elles n'avaient même été imaginées que pour fortifier sur ce point la théorie de Volta. Mais Parrot répondit : « qu'une pile séchée au poêle ou à l'étuve pouvait être sèche au dire d'une blanchisseuse, mais non aux sens d'un physicien. » Ensuite, procédant à des expériences directes, il plaça une pile de Zamboni sous une cloche de verre ; il dessécha l'air renfermé au moyen de la chaux caustique, et trouva que, lorsque l'hygromètre à fil de soie marquait 22°, la pile de Zamboni ne communiquait aucune électricité au plateau condensateur de l'électromètre à feuilles d'or, bien que le contact fût prolongé pendant plusieurs minutes ; — que l'effet électrique devenait de plus en plus sensible à mesure que l'air se chargeait davantage de vapeur d'eau, et qu'il atteignait son maximum dans une atmosphère saturée d'humidité. Enfin, il évalua approximativement la quantité d'électricité fournie pendant un temps donné par une pile de Zamboni et une pile à colonne, et il trouva que cette quantité était proportionnelle à la quantité d'oxygène que chaque couple enlève, dans un temps donné, à l'air ou à l'eau..

On s'explique avec peine comment des idées aussi frappantes, aussi nettement formulées, qui s'appuyaient presque toutes sur l'expérience, produisirent si peu d'impression chez les physiciens. Il est certain pourtant que les travaux de Parrot ne furent pris qu'en médiocre considération. Les grandes vérités qu'il mettait en lumière parurent presque aussitôt obscurcies par les résultats qu'invoquèrent à cette époque les nombreux partisans que la théorie de Volta avait trouvés en Allemagne et en France.

Le défenseur le plus actif et le plus habile de la doctrine du physicien de Pavie fut le chimiste Pfaff, professeur à Kiel qui, par des publications répétées, sut maintenir la faveur du monde savant aux idées de Volta.

En France, M. Biot, dans un travail présenté en 1803 à l'Institut national, avait essayé de confirmer la valeur des mêmes idées. Il s'était efforcé d'expliquer les anomalies physiques de l'électromoteur de Volta par des différences de conductibilité dans les métaux du couple; aussi affirmait-il que la quantité d'électricité due à l'action chimique était assez faible pour être négligée en présence des effets électriques dus au contact des métaux.

J. B. Behrends, Hildebrant et le professeur Gilbert de Leipzig, appuyèrent ensuite, par des expériences dont les résultats étaient très-originaux, la doctrine de la force électromotrice.

Déjà puissamment étayée en Allemagne par les recherches des physiciens, la théorie de Volta reçut bientôt une confirmation qui parut éclatante, dans les travaux de l'illustre mathématicien Ohm, qui, en 1820, donna à la science de l'électricité une base mathématique directement assise sur la théorie de Volta. Les déterminations numériques de Ohm, déduites d'expériences électro-magnétiques, établirent les lois de l'action de la pile d'une manière si rigoureuse et si complète, que l'on dut penser dès lors que la théorie de la force électromotrice ne devait plus rencontrer aucun argument sérieux.

Voici les lois générales posées par Ohm et qui résument tous ses travaux. Il importe d'en consigner ici le texte, car elles embrassent dans leur généralité tous les phénomènes de la pile.

1° *Dans un couple voltaïque quelconque, les forces électromotrices sont proportionnelles aux tensions électrostatiques.*

2° *La force électromotrice de couples mis en série est proportionnelle au nombre des couples et indépendante de leur étendue ; l'intensité, au contraire, est indépendante du nombre des couples mis en série, mais elle croît en raison directe de leur étendue.*

3° *L'intensité d'un couple ou d'une pile quelconque est propor-*

tionnelle aux forces électromotrices, et en RAISON INVERSE DES RÉSISTANCES DU CIRCUIT.

Ces lois résument en peu de termes tous les rapports qui existent entre la force de la pile et l'intensité de ses effets, selon que l'on fait varier les conditions extérieures, c'est-à-dire la longueur du conducteur, son diamètre, sa conductibilité, l'interposition de substances diverses dans le trajet du circuit, etc., etc. Ne pouvant entrer dans l'examen détaillé de ces phénomènes qui reviennent spécialement aux traités de physique, nous nous bornons à rappeler le nom du physicien qui a posé ces règles importantes et la date de ses travaux sur ce sujet.

Après cette confirmation mathématique, les belles recherches du physicien allemand Fechner sur la résistance qu'opposent les conducteurs solides ou liquides au passage du courant de la pile, donnèrent une dernière sanction à la théorie du contact qui parut désormais appuyée sur des fondements inébranlables.

Entre les partisans absolus de la théorie du contact et les défenseurs de la théorie chimique, il importe de signaler les opinions intermédiaires des physiciens qui ont tenté de concilier ces deux systèmes opposés. Le nombre de ces derniers a été considérable. Nous nous contenterons de les signaler en peu de mots ; car, pour les faire connaître très-exactement, il faudrait entrer dans de nombreux détails et se livrer à des considérations nouvelles dont l'exposé nous entraînerait trop loin. Dans l'intervalle qui s'étend entre les années 1820 et 1840, plus de deux mille mémoires ont été publiés, par divers savants, pour le développement de théories particulières de la pile, s'appuyant à la fois sur le principe de la force électromotrice et sur l'action chimique.

Humphry Davy est un de ceux qui se sont occupés avec le plus de persistance à faire triompher une théorie de la pile intermédiaire entre l'hypothèse du contact et la consi-

dération des effets chimiques. Nous avons vu que, dans ses premiers travaux sur l'électricité, Davy s'était prononcé très-nettement en faveur de l'interprétation chimique. Mais plus tard il devint partisan des théories de distribution qui avaient pris un très-grand empire ; peut-être aussi était-il dirigé dans cette voie par son désir de faire admettre en même temps ses vues sur l'identité de l'affinité chimique et de l'électricité, qui avaient pour base le fait du développement de l'électricité par le simple contact des corps.

Quoi qu'il en soit, Davy admettait que la cause primordiale de la production de l'électricité dans les piles voltaïques, c'était le contact des métaux hétérogènes. L'action chimique s'exerçant sur l'un des métaux du couple, tendait ensuite à rétablir l'équilibre dans les mouvements électriques développés par le contact, de sorte qu'en définitive, selon Davy, les phénomènes produits par l'électromoteur de Volta provenaient de l'action réunie de ces deux causes. Dans une pile formée, comme celle qu'il avait étudiée, de couples zinc et cuivre plongés dans une dissolution de sel marin, les deux métaux se constituaient par le contact dans un état électrique opposé. Lorsque les couples étaient en petit nombre, et que par conséquent l'électricité produite avait peu d'intensité, la dissolution de sel marin n'agissait que comme simple conducteur, et l'électricité se distribuait sur chaque couple, en augmentant de tension avec le nombre des plaques, et de quantité en raison de la surface métallique. Mais dans une pile composée d'un grand nombre d'éléments, et qui dès lors agissait comme un agent de décomposition chimique, l'eau et le chlorure de sodium étaient décomposés à la fois par le courant voltaïque : l'oxygène et l'acide chlorhydrique provenant de cette décomposition se portaient sur le zinc, tandis que l'hydrogène et la soude se portaient sur le cuivre. De là résultait, pour un instant, l'équilibre des forces mises en jeu. Une partie du

zinc se dissolvait dans le liquide de la pile, tandis que l'hydrogène se dégageait à l'état de gaz ; ensuite le contact des deux métaux, venant à développer une nouvelle quantité de fluide électrique, donnait au zinc de l'électricité positive, au cuivre de l'électricité négative. Mais l'oxygène et l'acide chlorhydrique qui se trouvaient en présence du zinc, par suite de la décomposition chimique, et qui sont électrisés négativement, neutralisaient l'état électro-positif du zinc ; et une destruction du même genre s'opérait au pôle opposé de la pile. Ces alternatives de formation et d'anéantissement de l'électricité, provenant à la fois du contact et de l'action chimique, continuaient nécessairement jusqu'au moment où le chlorure de sodium, décomposé presque en entier, ne pouvait plus servir à produire de l'électricité par sa décomposition chimique.

Telle est la théorie mixte adoptée par Davy, et qu'il chercha à faire prévaloir jusqu'à la fin de sa carrière scientifique, c'est-à-dire jusqu'à l'année 1826.

Cette théorie de l'équilibre électrique fut adoptée par Gay-Lussac et Thénard, qui, dans leurs essais pour mesurer l'intensité des effets de la pile, admirent que cette intensité était proportionnelle à l'énergie chimique de l'acide employé pour mettre l'appareil en action.

Jæger, physicien du Wurtemberg et professeur à Stuttgard, qui, dans l'origine, s'était montré, comme Davy, partisan de la théorie de l'oxydation, finit aussi par admettre la théorie de l'équilibre et de la distribution, qu'il confirma par le contrôle de l'analyse mathématique. Berzelius approuvait pleinement les idées de Jæger, et il dit, dans son ouvrage, que l'on doit à ce physicien la théorie la plus claire et la plus complète de la pile de Volta. Il chercha lui-même à préciser et à étendre les idées du professeur de Stuttgard. On peut en dire autant de Scholz et de Reinhold, physiciens allemands, qui s'appliquèrent à développer les idées de

Jæger. Le professeur Ermann de Berlin, dans la théorie particulière qu'il formula, inclinait, plus que les précédents, vers la théorie du contact. Mais la théorie la plus satisfaisante de la distribution et de l'équilibre de l'électricité dans la pile de Volta a été donnée par le professeur Joseph Prechtl de Vienne.

C'est vers l'année 1835 qu'une période toute nouvelle s'ouvrit pour l'explication théorique des effets de la pile de Volta. Malgré les beaux travaux de Ohm et de Fechner, qui, en donnant à la théorie du contact une base mathématique, semblaient avoir décidé dans ce dernier sens cette question tant discutée, il se rencontra à cette époque d'habiles et profonds observateurs qui, reprenant à de nouveaux points de vue la théorie chimique, assirent cette théorie sur des bases désormais inébranlables. M. Auguste de La Rive qui, pendant vingt années consécutives, n'a cessé de s'occuper de cette grande question, est le premier fondateur de la théorie chimique actuellement adoptée pour l'explication des effets de la pile de Volta. Ne pouvant entrer dans les détails des expériences si nombreuses et si variées qui ont été exécutées par cet habile physicien, depuis l'année 1835 jusqu'à notre époque, nous nous contenterons de dire que, par l'ensemble de ses recherches, le savant physicien de Genève a donné le premier l'explication rationnelle des phénomènes de la pile en les interprétant par la seule considération des effets chimiques.

Après M. de La Rive, M. Faraday, de Londres, a été le véritable créateur de la théorie chimique de la pile, professée aujourd'hui par tous les physiciens à peu près sans exception. Grâce à une très-longue série de travaux, aussi remarquables par la précision et la méthode expérimentale que par la force du raisonnement, M. Faraday a complétement réfuté la théorie du contact métallique, et donné en même temps une démonstration définitive de la théorie

chimique. Les divers travaux de M. Faraday sur cette question sont renfermés dans un nombre considérable de mémoires, ou plutôt de notes de peu d'étendue, dans lesquels ce physicien a consigné la description et le résultat de ses expériences au fur et à mesure qu'il les exécutait. Mais on trouve un exposé de l'ensemble de ses recherches sur cette question dans un grand mémoire sur l'*origine du pouvoir de la pile voltaïque*, publié par lui en 1841, dans les *Archives de l'électricité*, recueil qui a paru à Genève pendant plusieurs années sous la direction de M. de La Rive (1).

M. Faraday démontre dans ce travail les propositions suivantes :

1° L'action chimique dégage de l'électricité.

2° Le courant s'établit au moment où l'action chimique commence, et dure aussi longtemps qu'elle.

3° Le courant s'affaiblit toutes les fois que l'intensité de l'action chimique diminue ; il s'arrête au moment où l'action chimique est suspendue.

4° Le sens du courant change en même temps que le sens de l'action chimique.

5° Toute variation survenue dans l'intensité, ou le sens de l'action chimique, s'accompagne nécessairement d'une variation correspondante dans l'intensité, ou le sens du courant.

6° En l'absence d'action chimique, le couple voltaïque ne fournit pas de courant.

7° Le seul contact des métaux ne peut développer de phénomènes électriques.

Nous allons faire connaître les principales expériences sur lesquelles M. Faraday s'appuie, pour démontrer la vérité des propositions fondamentales que nous venons d'énoncer, et qui établissent d'une manière irréfutable que le

(1) Tome I, pages 93 et 342.

contact des métaux hétérogènes n'est pour rien dans les phénomènes de la pile voltaïque, et que toute l'électricité qui prend naissance dans ces appareils provient de l'action chimique exercée par les acides sur les métaux qui le composent.

M. Faraday a employé pour ses expériences des appareils fort simples, qui permettent de séparer nettement l'action du contact des métaux de l'effet produit par les réactions chimiques, et par conséquent de reconnaître à laquelle de ces deux influences est due la production du courant électrique.

Il examine d'abord comment se comporte un couple voltaïque en présence d'un liquide qui n'agit point chimiquement sur les métaux de ce couple. La dissolution concentrée et limpide de sulfure de potassium jouit de la propriété de conduire très-bien l'électricité dynamique, et de se laisser traverser par des courants très-faibles. La même dissolution n'exerce aucune action chimique sur le platine et sur le fer. Elle permet donc d'étudier séparément l'influence du contact des métaux et celle de l'action chimique dans la production d'un courant électrique. Voici la disposition employée par M. Faraday pour observer les phénomènes qui se produisent dans ce cas.

Si dans un vase N contenant de la dissolution de sulfure de potassium, on place une lame de platine P′ et une lame de fer F ; que dans un second vase M rempli de la même dissolution, on plonge deux lames de platine P, P″, que l'on fixe les lames P″ P′ aux extrémités du fil d'un galvanomètre C, et que l'on fasse communiquer les lames F, P au moyen d'un fil de fer *f* et d'un fil de platine *p*, on obtient une disposition dans laquelle on réalise le contact de deux métaux hétérogènes, c'est-à-dire le fer et le platine qui se touchent au point C. En même temps les métaux employés plongent dans un liquide qui ne peut exercer sur eux aucune action chimique, puisque la dissolution de sulfure de potassium

n'attaque ni le platine, ni le fer. Or, bien qu'il existe au point C un contact de deux métaux hétérogènes, l'aiguille

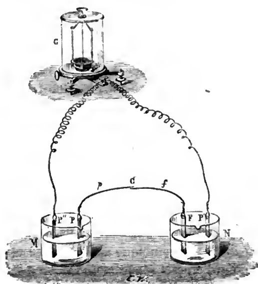


Fig. 34.

du galvanomètre reste immobile, aucun courant ne traverse le circuit. Ainsi le seul contact de deux métaux est impuissant à faire naître un courant voltaïque. Si l'on sépare les fils *p* et *f* au point C, et que l'on place entre eux un autre métal quelconque, tel que du zinc, par exemple, bien qu'il y ait *contact*, d'une part entre le zinc et le platine, et d'autre part entre le zinc et le fer, il n'y a pas encore de courant produit. Le contact seul ne développe donc point d'électricité.

Maintenant, si l'on vient à placer au point C, c'est-à-dire entre les deux fils conducteurs de platine et de fer, un morceau de papier imbibé d'acide sulfurique, le fer est attaqué par l'acide. Aussitôt l'aiguille du galvanomètre est déviée, le circuit est traversé par un courant électrique qui passe, à tra-

vers le papier, du fer au platine ; le fer joue le rôle de métal positif, comme l'indique la théorie chimique.

Ainsi, tandis que le contact de deux métaux hétérogènes ne développe aucune trace d'électricité, au contraire, dans les mêmes conditions, l'action chimique détermine l'établissement d'un courant voltaïque. Il n'y a pas de courant toutes les fois que l'action chimique manque, bien que le contact existe : il y a au contraire production d'un courant voltaïque, toutes les fois qu'un liquide agit chimiquement sur un métal.

On peut remplacer la dissolution du sulfure de potassium par une dissolution concentrée de potasse, la lame de fer F par une lame d'argent, et le fil de fer *f* par un fil d'argent : la potasse caustique n'exerçant aucune action chimique ni sur l'argent ni sur le platine. Au point C (*fig.* 34), il y a contact de deux métaux hétérogènes, et pourtant le galvanomètre n'accuse la production d'aucun courant. Mais, si au point C on place, entre l'argent et le platine, un morceau de papier imbibé d'acide azotique, l'argent est attaqué tout aussitôt, et en même temps le galvanomètre signale la production d'un courant électrique.

M. Faraday a employé, dans le même appareil, d'autres liquides, tels que l'acide nitreux hydraté et l'acide azotique. Toutes les fois que la combinaison voltaïque était formée de métaux sur lesquels ces liquides étaient sans action, il a constaté que le contat seul ne développait aucun courant électrique.

Cet expérimentateur est arrivé aux mêmes résultats, en plaçant dans le même appareil des liquides qui peuvent agir chimiquement sur l'un des métaux du couple pour former un sulfure. La dissolution de sulfure de potassium attaque avec énergie l'étain, le plomb, le bismuth, le cuivre, l'antimoine et l'argent. Si donc, dans l'appareil précédent, on place un couple voltaïque formé de deux lames de platine et d'étain, de platine et de plomb, de platine et de bismuth, etc., on con-

state, à l'aide du galvanomètre, la production d'un courant électrique. Si l'action chimique s'arrête, le courant voltaïque s'arrête aussi en même temps. Tel est le cas des couples formés avec le platine et le plomb, le platine et le bismuth. Comme le sulfure de plomb ou le sulfure de bismuth provenant de la réaction sont insolubles dans le sulfure de potassium qui forme le liquide actif, et qu'ils se déposent sur la lame de plomb ou de bismuth, en couche continue et impénétrable, de telle manière que le métal est mis à l'abri de l'action du liquide, l'effet chimique s'arrête, et le courant électrique est suspendu au même instant. Si, au contraire, et tel est le cas du cuivre, de l'antimoine et de l'argent, le sulfure métallique formé soluble dans le sulfure de potassium ne se dépose point sur le métal négatif, mais se dissout dans la liqueur à mesure qu'il se forme, et laisse la surface de métal toujours nette et brillante, exposée à l'action chimique du sulfure de potassium, le courant électrique est continu et ne subit aucune interruption.

Tous ces faits démontrent avec évidence que l'action chimique est la seule source de l'électricité dans la pile de Volta ; que le courant électrique commence au moment où l'affinité s'exerce entre les métaux du couple, et qu'elle s'arrête quand cette affinité est suspendue.

M. Faraday montre ensuite que l'on peut développer des

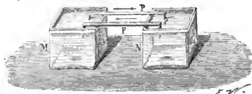


Fig. 35.

courants électriques avec un métal unique, et sans contact avec un autre métal. Ce physicien a donné une très-longue

liste des combinaisons voltaïques qui fournissent un courant électrique incontestable sans aucune espèce de contact métallique. Nous nous contenterons de citer les deux exemples suivants : 1° Dans deux vases de verre M et N, si l'on place une lame de platine P, et une lame de fer F plongeant, par leurs extrémités, dans ces vases de verre ; si l'on verse dans le vase M de l'acide azotique étendu, et dans le vase N une dissolution de sulfure de potassium, cette combinaison voltaïque ne présentera aucun contact métallique. Cependant, par le fait de l'action chimique de l'acide azotique sur le fer, ce métal devient positif par rapport au platine ; le système entier est traversé par un courant électrique, dirigé de la lame F à la lame P dans le liquide actif du vase M, et assez puissant pour décomposer le sulfure de potassium dans le vase N.

Si dans le même appareil on remplace la lame de fer F par une lame de zinc, et le sulfure de potassium du vase N par une dissolution d'iodure de potassium, cette seconde combinaison ne donne pas non plus de contact métallique auquel on puisse rapporter le développement de la force électromotrice. Cependant, sous l'influence de l'acide azotique, le zinc devient positif par rapport au platine, il s'établit un courant voltaïque traversant les deux métaux, et ce courant est assez intense pour décomposer l'iodure de potassium contenu dans le vase N.

M. Faraday rapporte diverses expériences qui prouvent que le sens du courant voltaïque change en même temps que le sens de l'action chimique, et que toute variation survenue dans le sens d'un courant voltaïque s'accompagne d'une variation correspondante dans le sens de l'action chimique. Il a pu, dans un grand nombre de cas, renverser le sens du courant voltaïque en conservant les mêmes métaux composant le couple, et changeant le liquide qui agit chimiquement sur ces métaux. Nous nous contenterons de citer quelques cas de ce genre.

Dans l'acide azotique étendu, le plomb est positif par rapport à l'étain ; dans l'acide sulfurique étendu, l'étain est positif par rapport au plomb. Or, l'expérience démontre que l'acide azotique attaque plus fortement le plomb que l'étain, tandis que l'affinité de l'acide sulfurique est plus forte pour l'étain que pour le plomb. Dans l'acide sulfurique étendu, l'antimoine est positif par rapport au cuivre ; dans l'acide chlorhydrique, le cuivre est positif par rapport à l'antimoine. Dans ce cas encore, le renversement du courant produit n'est que la traduction du changement survenu dans l'affinité des liquides pour chacun des métaux employés.

Il résulte de tous les faits que nous venons de citer :

1° Que le contact seul de deux substances hétérogènes ne provoque aucun dégagement d'électricité ;

2° Que l'action chimique s'exerçant entre deux corps produit toujours un courant voltaïque ;

3° Que le courant électrique commence avec l'action chimique, s'accroît avec elle, s'arrête si l'action chimique est suspendue, et reprend si l'action chimique recommence ;

4° Que le sens du courant change quand l'action chimique vient à varier dans un couple voltaïque.

Toutes ces propositions, qui ne sont que des déductions rigoureuses des expériences de M. Faraday, prouvent par leur ensemble que le contact des substances hétérogènes n'est pour rien dans la production des phénomènes de la pile, et que l'action chimique qui s'exerce entre l'acide et l'un des métaux du couple est la seule origine de l'électricité qui prend naissance dans cet appareil.

FIN DU TOME DEUXIÈME.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DEUXIÈME.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Corbeil, typ. et stéréot. de Crété.

